

12.08.2004

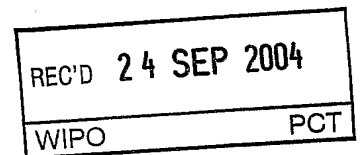
日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 3 年 1 2 月 1 5 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 4 1 5 9 8 9
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 4 1 5 9 8 9]



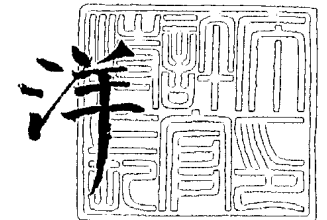
出 願 人
Applicant(s): 横河電機株式会社

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 7 月 2 3 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願
【整理番号】 03N0059
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H04L 12/00
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都武蔵野市中町 2 丁目 9 番 3 2 号 横河電機株式会社内
 【氏名】 出町 公二
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都武蔵野市中町 2 丁目 9 番 3 2 号 横河電機株式会社内
 【氏名】 江橋 博道
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都武蔵野市中町 2 丁目 9 番 3 2 号 横河電機株式会社内
 【氏名】 赤羽 国治
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都武蔵野市中町 2 丁目 9 番 3 2 号 横河電機株式会社内
 【氏名】 中島 剛
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都武蔵野市中町 2 丁目 9 番 3 2 号 横河電機株式会社内
 【氏名】 幅口 健二
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都武蔵野市中町 2 丁目 9 番 3 2 号 横河電機株式会社内
 【氏名】 村上 真之
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都武蔵野市中町 2 丁目 9 番 3 2 号 横河電機株式会社内
 【氏名】 横井 豊明
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都武蔵野市中町 2 丁目 9 番 3 2 号 横河電機株式会社内
 【氏名】 本郷 健
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都武蔵野市中町 2 丁目 9 番 3 2 号 横河電機株式会社内
 【氏名】 石井 昭徳
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都武蔵野市中町 2 丁目 9 番 3 2 号 横河電機株式会社内
 【氏名】 十河 定俊
【特許出願人】
 【識別番号】 000006507
 【氏名又は名称】 横河電機株式会社
 【代表者】 内田 勲
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 005326
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

一つの主経路と複数の副経路により多重化された通信経路に接続された複数の通信局間で行う通信を制御する通信制御システムであって、

前記主経路と前記副経路のそれぞれに対応して多重化されていて、O S I 階層モデルの所定の階層にある通信機能を実現する通信機能実現手段と、

前記多重化された通信経路のいずれかに対応する通信機能実現手段を介して高優先度通信を行う高優先度通信手段と、

前記副経路に対応する通信機能実現手段を介して低優先度通信を行う低優先度通信手段と、

を有し、前記高優先度通信手段と低優先度通信手段は、1 通信局内に並存することを特徴とする通信制御システム。

【請求項 2】

一つの主経路と複数の副経路により多重化された通信経路に接続された複数の通信局間で行う通信を制御する通信制御システムであって、

前記主経路と前記副経路のそれぞれに対応して多重化されていて、O S I 階層モデルの物理層にある通信機能を実現する第 1 の通信機能実現手段と、

前記多重化された第 1 の通信機能実現手段のそれぞれに対応して多重化されていて、O S I 階層モデルのデータリンク層にある通信機能を実現する第 2 の通信機能実現手段と、

前記多重化された通信経路のいずれかに対応する通信機能実現手段を介して高優先度通信を行う高優先度通信手段と、

前記副経路に対応する通信機能実現手段を介して低優先度通信を行う低優先度通信手段と、

を有し、前記高優先度通信手段と低優先度通信手段は、1 通信局内に並存することを特徴とする通信制御システム。

【請求項 3】

前記第 2 の通信機能実現手段は、

前記高優先度通信手段と低優先度通信手段に対応したそれぞれの M A C アドレスを保持するアドレス保持手段と、

送信要求元が前記高優先度通信手段か低優先度通信手段のいずれであるかに応じて通信フレームに対応する M A C アドレスを付加し、この通信フレームを通信経路に送出する送信手段と、

前記第 1 の通信機能実現手段から受信した通信フレームの宛先 M A C アドレスと前記アドレス保持手段で保持された M A C アドレスとを比較し、比較結果が一致しているときは受信した通信フレームを該当する通信手段に渡す受信手段と、

を有することを特徴とする請求項 2 に記載の通信制御システム。

【請求項 4】

複数の M A C マルチキャスト・アドレスを保持するマルチキャスト・アドレス保持手段を有し、

前記第 2 の通信機能実現手段は、前記通信経路から受信した通信フレームの宛先アドレスが前記 M A C マルチキャスト・アドレス保持手段に存在するアドレスのいずれかと一致するときは前記高優先度通信手段に通信フレームを渡し、一致しないときは前記低優先度通信手段に通信フレームを渡すことを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の通信制御システム。

【請求項 5】

前記高優先度通信手段、低優先度通信手段及び通信機能実現手段からなるユニット、または前記高優先度通信手段、低優先度通信手段、第 1 の通信機能実現手段及び第 2 の通信機能実現手段からなるユニットが 1 通信局内に多重化して設けられていて、あるユニットが現用側となり、他のユニットが待機側となることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の通信制御システム。

【請求項 6】

一つの主経路と複数の副経路により多重化された通信経路に接続された複数の通信局間で行う通信を制御する通信制御システムであって、

通常、前記主経路を介して高優先度通信を行う高優先度通信手段と、

前記副経路を介して低優先度通信を行う低優先度通信手段と、

前記主経路と副経路の健全性を診断する経路診断手段と、

この経路診断手段による診断の結果、主経路が異常なときに、前記高優先度通信の通信経路を前記副経路に切り替える切替手段と、

を有することを特徴とする通信制御システム。

【請求項 7】

前記経路診断手段は、

自局から各通信局までの経路状態情報を保持する経路状態格納手段と、

定周期で自局から各通信局までの通信経路を診断する定周期経路診断手段と、
を有し、

前記定周期経路診断手段は診断結果から得た経路状態情報を前記経路状態格納手段に登録することを特徴とする請求項 6 に記載の通信制御システム。

【請求項 8】

前記定周期経路診断手段は、

他の通信局からの経路診断パケットの受信状態情報を含む経路診断パケットを他の通信局へ同報通信する診断パケット送信手段を有し、

経路診断パケットを受信したとき、受信した経路診断パケットに含まれる自局が送信した経路診断パケットの受信状態情報を、自局から経路診断パケットの送信元までの通信経路の経路状態情報として前記経路状態格納手段に登録することを特徴とする請求項 7 に記載の通信制御システム。

【請求項 9】

前記定周期経路診断手段は、インターネットプロトコルのマルチキャストプロトコルに従って経路診断パケットの同報通信を行い、

前記主経路と副経路には、それぞれ異なる IP マルチキャスト・アドレスが割り付けられていて、

各通信局は、主経路と副経路のうち選択された経路に対応した IP マルチキャスト・アドレスを宛先 IP アドレスに用いて同報通信を行い、宛先 IP アドレスが主経路と副経路のそれぞれに対応した IP マルチキャスト・アドレスと一致する経路診断パケットの受信を行うことを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の通信制御システム。

【請求項 10】

他の通信局にデータを送信し、所定時間内に相手局から正常受信応答が返信されないときは、データを再送するデータ送信手段と、

データを正常に受信したときに正常受信応答を送信元に返信するデータ受信手段と、
を有することを特徴とする請求項 6 乃至 10 のいずれかに記載の通信制御システム。

【請求項 11】

自局から各通信局までの経路状態情報を保持する経路状態格納手段と、

前記データ送信手段がデータを再送する回数をカウントする計数手段と、

この計数手段のカウント値が規定値まで達したときに通信経路が異常と判断し、当該経路が異常であることを示す経路状態情報を前記経路状態格納手段に登録する登録手段と、
を有することを特徴とする請求項 10 に記載の通信制御システム。

【請求項 12】

前記データ送信手段がデータを再送する回数をカウントする計数手段と、

前記計数手段のカウントが規定値まで達したときに通信経路が異常と判断し、通信経路を切り替える切替手段と、

を有することを特徴とする請求項 10 に記載の通信制御システム。

【請求項 13】

前記高優先度通信手段、低優先度通信手段、経路診断手段及び切替手段からなるユニットが多重化して設けられていて、多重化したユニットのいずれかが現用側、他は待機側となり、各ユニットの高優先度通信手段には異なるアドレスが割り付けられている多重化通信局を含み、

前記多重化通信局へ送信を行う他の通信局は、現用側のユニット宛に通信を行い、多重化された通信経路のいずれでも現用側のユニットとの通信に失敗したときは、宛先を待機側のユニットに切り替えて通信を試みることを特徴とする請求項 6 乃至 1 2 のいずれかに記載の通信制御システム。

【請求項 1 4】

前記多重化通信局は自己診断手段をそれぞれ有し、現用側のユニットにある自己診断手段は異常を検出したときは自ユニットを待機状態にして通信動作を停止し、待機側のユニットは他方のユニットが通信動作を停止したときは自ユニットを現用状態にして通信動作を開始し、自ユニットが現用側になったことを他の通信局に同報通信し、

各通信局は、多重化通信局のどちらのユニットが現用側になっているかを示す情報を保持したテーブルを有し、このテーブルで保持した情報を参照して現用側のユニットに送信を行うとともに、前記同報通信を受信したときに前記テーブルの情報を更新することを特徴とする請求項 1 3 に記載の通信制御システム。

【請求項 1 5】

前記経路診断手段は、前記主経路の異常を検出しているときに、全通信局へ主経路の異常を定周期で同報通知することを特徴とする請求項 6 に記載の通信制御システム。

【請求項 1 6】

前記低優先度通信手段は、主経路が異常の同報通知を受信したときに、低優先度通信の単位時間あたりの送信回数が所定値以下になるように送信を制御し、所定の時間以上前記同報通知を受信しなかったときは主経路が正常に復旧したと判断し、前記送信回数が所定値以下になるような送信制御を停止することを特徴とする請求項 1 5 に記載の通信制御システム。

【請求項 1 7】

前記低優先度通信手段は、主経路を異常と認識しているときに、低優先度通信の単位時間あたりの送信回数が所定値以下になるように送信を制御することを特徴とする請求項 6 に記載の通信制御システム。

【請求項 1 8】

前記低優先度通信手段は、主経路を異常と認識しているときに、副経路が送信中でないときに直ちに高優先度通信を行わせ、副経路が送信中でなく送信待ちの高優先度通信がないときに低優先度通信を行うことを特徴とする請求項 6 乃至 1 7 のいずれかに記載の通信制御システム。

【請求項 1 9】

異なる通信局にある高優先度通信手段の間で認証を行い、認証された通信局間で通信を可能にする認証手段を有することを特徴とする請求項 6 に記載の通信制御システム。

【請求項 2 0】

前記認証手段は、

自局に固有の電子的な私有鍵から他の通信局との間で交換する電子的な公開鍵を生成する公開鍵生成手段と、

生成した公開鍵を全通信局宛に同報通知する鍵送信手段と、

他の通信局から受信した公開鍵と自局の私有鍵から当該通信局との間の固有な電子的な共通鍵を生成し、共通鍵は通信局毎に生成し、生成した共通鍵を保持する共通鍵生成手段と、

生成した共通鍵を用いてパケットの暗号化またはパケットへの認証値の付加の少なくともいずれかを行い、暗号化したパケットまたは認証値を付加したパケットの少なくともいずれかを送信する認証パケット送信手段と、

受信したパケットを前記共通鍵を利用した復号化、または前記共通鍵とパケットに付加

された認証値による受信可否の判断の、少なくともいずれかを行う認証パケット受信手段と、
を有することを特徴とする請求項 1 9 に記載の通信制御システム。

【請求項 2 1】

前記共通鍵生成手段は、Differ-Hellman法を用いて私有鍵と公開鍵から共通鍵を生成することを特徴とする請求項 2 0 に記載の通信制御システム。

【請求項 2 2】

前記私有鍵を所定時間毎に変えることにより前記共通鍵を更新する鍵更新手段と、
更新直前の共通鍵と最新の共通鍵を保存し、パケット受信時に最新の共通鍵を用いて認証値の確認を行い、この確認が不正とされた場合は、更新直前の共通鍵を用いて認証値の確認を行う確認手段と、

認証値の正当性を確認することができた前記更新直前の共通鍵または最新の共通鍵のいずれかを用いて、パケットの復号化を行う復号化手段と、
を有することを特徴とする請求項 2 0 に記載の通信制御システム。

【請求項 2 3】

インターネットプロトコルに従って通信経路の経路制御を行うルータを前記通信経路上に設け、前記通信経路が前記ルータで相互接続された複数のサブネットワークから構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 2 2 のいずれかに記載の通信制御システム。

【請求項 2 4】

前記サブネットワーク上には唯一のマスタ局が存在し、このマスタ局は、自局と自局が属するサブネットワーク上に存在する他の全通信局との間の経路状態情報と、自局が属さないサブネットワーク上に存在するマスタ局との間の経路状態情報を含むネット間診断フレームを送信し、

前記マスタ局とそれ以外の通信局を含む複数のサブネット上の全ての各通信局は、
自局から他の各通信局までの通信経路が健全であるかどうかを示す経路状態情報を保持する経路状態格納手段と、

前記ネット間診断フレームに含まれた経路状態情報をもとに、自局と自局が属さないサブネットワーク上に存在する通信局との間の経路状態を前記経路状態格納手段に登録する診断メッセージ受信手段と、

経路状態格納手段にある情報に従って、前記主経路と副経路のいずれかを選択してデータの送信を行うデータ送信手段と、
を有することを特徴とする請求項 2 3 に記載の通信制御システム。

【請求項 2 5】

サブネットワーク上に存在する全通信局のネットワークアドレスのリストを作成し、リストの中で、自局のアドレスが所定の条件から一義的に決められるアドレスである場合、自局を当該サブネットワークにおけるマスタ局として動作させる選出手段を有することを特徴とする請求項 2 3 または 2 4 に記載の通信制御システム。

【請求項 2 6】

前記高優先度通信手段はプロセス制御専用のプロトコルに従って通信を行い、前記低優先度通信手段はオープンな標準プロトコルに従って通信を行うことを特徴とする請求項 1 乃至 2 5 のいずれかに記載の通信制御システム。

【請求項 2 7】

前記高優先度通信手段は、プロセスデータ、操作量、アラームの少なくともいずれかを転送し、前記低優先度通信手段は、画像データ転送、ファイル転送、メッセージ転送の少なくともいずれかを行うことを特徴とする請求項 1 乃至 2 6 のいずれかに記載の通信制御システム。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 通信制御システム

【技術分野】

【0001】

本発明は、分散型制御システム等に用いられる通信制御システムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

分散型制御システムは、石油化学、鉄鋼、紙パルプ、食品、薬品、電力等の幅広い分野のプラント運転制御に用いられている。

【0003】

図16は一般的な分散型制御システムの構成例を示した図である。

図16で、操作監視装置1と制御装置2は制御バス3に接続されている。制御装置2は操作監視装置1の監視下でプラント4を制御する。操作監視装置1はプラントの運転操作と監視を担当する。操作監視装置1は制御運転や監視をするための画面を表示する。プラントの規模に応じて複数の制御装置がプラントに分散配置される。制御バス3を介して、操作監視装置1と制御装置2が相互に通信をしながらプラントを制御する。

【0004】

プラント4に存在するセンサ機器5, 6は、温度、圧力、液位等のプロセス値を検出する。バルブ7, 8は制御装置2から与えられる操作信号によって開度が制御される。センサ機器5, 6が出力した4~20mA, 1~5Vのアナログ信号が制御装置2に入力される。この入力をもとに制御装置2にある制御ユニット(図示せず)は、制御演算を行い、操作量を求める。この操作量は4~20mA, 1~5Vのアナログ信号として出力され、この出力によりバルブ7, 8の開度を制御する。例えば反応釜のバルブ開度を制御することによって、温度、圧力等のプロセス量を制御する。

【0005】

従来における分散型制御システムの制御バスは、プロセス制御専用のバスであった。また、制御バスのプロトコルはプロセス制御専用のプロトコルになっていた。

近年、IT(情報技術)やWeb関連技術の著しい進歩により、分散型制御システムの制御バスにもオープン化が求められてきた。オープン化要求の一つとして、制御バスをイーサネット(登録商標)をベースとしたネットワークにしたいという要求が高まりつつある。

このような背景から工業用イーサネット(登録商標)を分散型制御システムの制御バスに適用することが検討されている。

【0006】

特許文献1には、TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)プロトコルで通信を行う通信局をイーサネット(登録商標)上に接続したときに、ネットワークアダプタを冗長化構成にしてもユーザアプリケーションプログラムが冗長化を意識する必要がない通信制御システムが記載されている。

【0007】

【特許文献1】特開平11-205356号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかし、現状の工業用イーサネット(登録商標)ではプロセス制御で要求されている実時間性や信頼性を満たしていないため、実用化が困難な状況にある。

【0009】

従来のシステムでは、次の事情から実時間性や信頼性を保証することと、オープン化を実現することの両立が難しかった。

(a) イーサネット(登録商標)やTCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)等をベースとした標準プロトコルによる通信は、プロセス制御等の工業

用途に使用する場合、実時間性や信頼性の面で十分に要求を満たしていない。

(b) 実時間性と高信頼性を実現するための独自の専用プロトコルによる通信は、他システムと接続するときや、世の中に広く流通しているネットワーク機器やソフトウェアを利用するときに十分な互換性がないため、オープン化の要求を十分に満たさない。

【0010】

本発明は上述した問題点を解決するためになされたものであり、実時間性、高信頼性を実現するクリティカルな通信手段と、オープンな通信手段を同一の通信局に並存させることによって、実時間性及び高信頼性と、オープン化を両立させた通信を行える通信制御システムを実現することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

このような課題を達成するために、本発明は次のとおりの構成になっている。

【0012】

(1) 一つの主経路と複数の副経路により多重化された通信経路に接続された複数の通信局間で行う通信を制御する通信制御システムであって、

前記主経路と前記副経路のそれぞれに対応して多重化されていて、OSI階層モデルの所定の階層にある通信機能を実現する通信機能実現手段と、

前記多重化された通信経路のいずれかに対応する通信機能実現手段を介して高優先度通信を行う高優先度通信手段と、

前記副経路に対応する通信機能実現手段を介して低優先度通信を行う低優先度通信手段と、

を有し、前記高優先度通信手段と低優先度通信手段は、1通信局内に並存することを特徴とする通信制御システム。

【0013】

(2) 一つの主経路と複数の副経路により多重化された通信経路に接続された複数の通信局間で行う通信を制御する通信制御システムであって、

前記主経路と前記副経路のそれぞれに対応して多重化されていて、OSI階層モデルの物理層にある通信機能を実現する第1の通信機能実現手段と、

前記多重化された第1の通信機能実現手段のそれぞれに対応して多重化されていて、OSI階層モデルのデータリンク層にある通信機能を実現する第2の通信機能実現手段と、

前記多重化された通信経路のいずれかに対応する通信機能実現手段を介して高優先度通信を行う高優先度通信手段と、

前記副経路に対応する通信機能実現手段を介して低優先度通信を行う低優先度通信手段と、

を有し、前記高優先度通信手段と低優先度通信手段は、1通信局内に並存することを特徴とする通信制御システム。

【0014】

(3) 前記第2の通信機能実現手段は、

前記高優先度通信手段と低優先度通信手段に対応したそれぞれのMACアドレスを保持するアドレス保持手段と、

送信要求元が前記高優先度通信手段か低優先度通信手段のいずれであるかに応じて通信フレームに対応するMACアドレスを付加し、この通信フレームを通信経路に送出する送信手段と、

前記第1の通信機能実現手段から受信した通信フレームの宛先MACアドレスと前記アドレス保持手段で保持されたMACアドレスとを比較し、比較結果が一致しているときは受信した通信フレームを該当する通信手段に渡す受信手段と、
を有することを特徴とする(2)に記載の通信制御システム。

【0015】

(4) 複数のMACマルチキャスト・アドレスを保持するマルチキャスト・アドレス保持手段を有し、

前記第 2 の通信機能実現手段は、前記通信経路から受信した通信フレームの宛先アドレスが前記 MAC マルチキャスト・アドレス保持手段に存在するアドレスのいずれかと一致するときは前記高優先度通信手段に通信フレームを渡し、一致しないときは前記低優先度通信手段に通信フレームを渡すことを特徴とする (2) または (3) に記載の通信制御システム。

【0016】

(5) 前記高優先度通信手段、低優先度通信手段及び通信機能実現手段からなるユニット、または前記高優先度通信手段、低優先度通信手段、第 1 の通信機能実現手段及び第 2 の通信機能実現手段からなるユニットが 1 通信局内に多重化して設けられていて、あるユニットが現用側となり、他のユニットが待機側となることを特徴とする (1) 乃至 (4) のいずれかに記載の通信制御システム。

【0017】

(6) 一つの主経路と複数の副経路により多重化された通信経路に接続された複数の通信局間で行う通信を制御する通信制御システムであって、

通常、前記主経路を介して高優先度通信を行う高優先度通信手段と、

前記副経路を介して低優先度通信を行う低優先度通信手段と、

前記主経路と副経路の健全性を診断する経路診断手段と、

この経路診断手段による診断の結果、主経路が異常なときに、前記高優先度通信の通信経路を前記副経路に切り替える切替手段と、

を有することを特徴とする通信制御システム。

【0018】

(7) 前記経路診断手段は、

自局から各通信局までの経路状態情報を保持する経路状態格納手段と、

定周期で自局から各通信局までの通信経路を診断する定周期経路診断手段と、
を有し、

前記定周期経路診断手段は診断結果から得た経路状態情報を前記経路状態格納手段に登録することを特徴とする (6) に記載の通信制御システム。

【0019】

(8) 前記定周期経路診断手段は、

他の通信局からの経路診断パケットの受信状態情報を含む経路診断パケットを他の通信局へ同報通信する診断パケット送信手段を有し、

経路診断パケットを受信したとき、受信した経路診断パケットに含まれる自局が送信した経路診断パケットの受信状態情報を、自局から経路診断パケットの送信元までの通信経路の経路状態情報として前記経路状態格納手段に登録することを特徴とする (7) に記載の通信制御システム。

【0020】

(9) 前記定周期経路診断手段は、インターネットプロトコルのマルチキャストプロトコルに従って経路診断パケットの同報通信を行い、

前記主経路と副経路には、それぞれ異なる IP マルチキャスト・アドレスが割り付けられていて、

各通信局は、主経路と副経路のうち選択された経路に対応した IP マルチキャスト・アドレスを宛先 IP アドレスに用いて同報通信を行い、宛先 IP アドレスが主経路と副経路のそれぞれに対応した IP マルチキャスト・アドレスと一致する経路診断パケットの受信を行うことを特徴とする (7) または (8) に記載の通信制御システム。

【0021】

(10) 他の通信局にデータを送信し、所定時間内に相手局から正常受信応答が返信されないときは、データを再送するデータ送信手段と、

データを正常に受信したときに正常受信応答を送信元に返信するデータ受信手段と、
を有することを特徴とする (6) 乃至 (10) のいずれかに記載の通信制御システム。

【0022】

(1 1) 自局から各通信局までの経路状態情報を保持する経路状態格納手段と、
前記データ送信手段がデータを再送する回数をカウントする計数手段と、
この計数手段のカウント値が規定値まで達したときに通信経路が異常と判断し、当該経路が異常であることを示す経路状態情報を前記経路状態格納手段に登録する登録手段と、
を有することを特徴とする (1 0) に記載の通信制御システム。

【0 0 2 3】

(1 2) 前記データ送信手段がデータを再送する回数をカウントする計数手段と、
前記計数手段のカウントが規定値まで達したときに通信経路が異常と判断し、通信経路を切り替える切替手段と、
を有することを特徴とする (1 0) に記載の通信制御システム。

【0 0 2 4】

(1 3) 前記高優先度通信手段、低優先度通信手段、経路診断手段及び切替手段からなるユニットが多重化して設けられていて、多重化したユニットのいずれかが現用側、他は待機側となり、各ユニットの高優先度通信手段には異なるアドレスが割り付けられている多重化通信局を含み、

前記多重化通信局へ送信を行う他の通信局は、現用側のユニット宛に通信を行い、多重化された通信経路のいずれでも現用側のユニットとの通信に失敗したときは、宛先を待機側のユニットに切り替えて通信を試みることを特徴とする (6) 乃至 (1 2) のいずれかに記載の通信制御システム。

【0 0 2 5】

(1 4) 前記多重化通信局は自己診断手段をそれぞれ有し、現用側のユニットにある自己診断手段は異常を検出したときは自ユニットを待機状態にして通信動作を停止し、待機側のユニットは他方のユニットが通信動作を停止したときは自ユニットを現用状態にして通信動作を開始し、自ユニットが現用側になったことを他の通信局に同報通信し、

各通信局は、多重化通信局のどちらのユニットが現用側になっているかを示す情報を保持したテーブルを有し、このテーブルで保持した情報を参照して現用側のユニットに送信を行うとともに、前記同報通信を受信したときに前記テーブルの情報を更新することを特徴とする (1 3) に記載の通信制御システム。

【0 0 2 6】

(1 5) 前記経路診断手段は、前記主経路の異常を検出しているときに、全通信局へ主経路の異常を定周期で同報通知することを特徴とする (6) に記載の通信制御システム。

【0 0 2 7】

(1 6) 前記低優先度通信手段は、主経路が異常の同報通知を受信したときに、低優先度通信の単位時間あたりの送信回数が所定値以下になるように送信を制御し、所定の時間以上前記同報通知を受信しなかったときは主経路が正常に復旧したと判断し、前記送信回数が所定値以下になるような送信制御を停止することを特徴とする (1 5) に記載の通信制御システム。

【0 0 2 8】

(1 7) 前記低優先度通信手段は、主経路を異常と認識しているときに、低優先度通信の単位時間あたりの送信回数が所定値以下になるように送信を制御することを特徴とする (6) に記載の通信制御システム。

【0 0 2 9】

(1 8) 前記低優先度通信手段は、主経路を異常と認識しているときに、副経路が送信中でないときに直ちに高優先度通信を行わせ、副経路が送信中でなく送信待ちの高優先度通信がないときに低優先度通信を行うことを特徴とする (6) 乃至 (1 7) のいずれかに記載の通信制御システム。

【0 0 3 0】

(1 9) 異なる通信局にある高優先度通信手段の間で認証を行い、認証された通信局間で通信を可能にする認証手段を有することを特徴とする (6) に記載の通信制御システム。

【0 0 3 1】

(20) 前記認証手段は、

自局に固有の電子的な私有鍵から他の通信局との間で交換する電子的な公開鍵を生成する公開鍵生成手段と、

生成した公開鍵を全通信局宛に同報通知する鍵送信手段と、

他の通信局から受信した公開鍵と自局の私有鍵から当該通信局との間の固有な電子的な共通鍵を生成し、共通鍵は通信局毎に生成し、生成した共通鍵を保持する共通鍵生成手段と、

生成した共通鍵を用いてパケットの暗号化またはパケットへの認証値の付加の少なくともいずれかを行い、暗号化したパケットまたは認証値を付加したパケットの少なくともいずれかを送信する認証パケット送信手段と、

受信したパケットを前記共通鍵を利用した復号化、または前記共通鍵とパケットに付加された認証値による受信可否の判断の、少なくともいずれかを行う認証パケット受信手段と、

を有することを特徴とする(19)に記載の通信制御システム。

【0032】

(21) 前記共通鍵生成手段は、Differ-Hellman法を用いて私有鍵と公開鍵から共通鍵を生成することを特徴とする(20)に記載の通信制御システム。

【0033】

(22) 更新直前の共通鍵と最新の共通鍵を保存し、パケット受信時に最新の共通鍵を用いて認証値の確認を行い、この確認が不正とされた場合は、更新直前の共通鍵を用いて認証値の確認を行う確認手段と、

認証値の正当性を確認することができた前記更新直前の共通鍵または最新の共通鍵のいずれかを用いて、パケットの復号化を行う復号化手段と、

を有することを特徴とする(20)に記載の通信制御システム。

【0034】

(23) インターネットプロトコルに従って通信経路の経路制御を行うルータを前記通信経路上に設け、前記通信経路が前記ルータで相互接続された複数のサブネットワークから構成されていることを特徴とする(1)乃至(22)のいずれかに記載の通信制御システム。

【0035】

(24) 前記サブネットワーク上には唯一のマスタ局が存在し、このマスタ局は、自局と自局が属するサブネットワーク上に存在する他の全通信局との間の経路状態情報と、自局が属さないサブネットワーク上に存在するマスタ局との間の経路状態情報を含むネット間診断フレームを送信し、

前記マスタ局とそれ以外の通信局を含む複数のサブネット上の全ての各通信局は、

自局から他の各通信局までの通信経路が健全であるかどうかを示す経路状態情報を保持する経路状態格納手段と、

前記ネット間診断フレームに含まれた経路状態情報をもとに、自局と自局が属さないサブネットワーク上に存在する通信局との間の経路状態を前記経路状態格納手段に登録する診断メッセージ受信手段と、

経路状態格納手段にある情報に従って、前記主経路と副経路のいずれかを選択してデータの送信を行うデータ送信手段と、

を有することを特徴とする(23)に記載の通信制御システム。

【0036】

(25) サブネットワーク上に存在する全通信局のネットワークアドレスのリストを作成し、リストの中で、自局のアドレスが所定の条件から一義的に決められるアドレスである場合、自局を当該サブネットワークにおけるマスタ局として動作させる選出手段を有することを特徴とする(23)または(24)に記載の通信制御システム。

【0037】

(26) 前記高優先度通信手段はプロセス制御専用のプロトコルに従って通信を行い、前

記低優先度通信手段はオープンな標準プロトコルに従って通信を行うことを特徴とする (1) 乃至 (25) のいずれかに記載の通信制御システム。

【0038】

(27) 前記高優先度通信手段は、プロセスデータ、操作量、アラームの少なくともいずれかを転送し、前記低優先度通信手段は、画像データ転送、ファイル転送、メッセージ転送の少なくともいずれかを行うことを特徴とする (1) 乃至 (26) のいずれかに記載の通信制御システム。

【発明の効果】

【0039】

以上説明したことから明らかなように、本発明によれば次のような効果がある。

(1) 実時間性、高信頼性を実現するクリティカルな通信手段（高優先度通信手段）と、オープンな通信手段（低優先度通信手段）を同一の通信局に並存させた。これによって、工業用途の要求とオープン化の要求を同時に満たした通信を行える通信制御システムを実現できる。

(2) クリティカルな通信の通信経路が異常なときに、クリティカルな通信の通信経路をオープンな通信の通信経路に切り替えている。これによって、標準プロトコルによるオープンな通信のトラフィックがクリティカルな通信の実時間性に影響を与えないようにすることができる。

(3) クリティカルな通信がオープンな通信の通信経路を用いているときでも、オープンな通信は制限を受けながら通信を行うことができる。これによって、オープンな通信を継続できる。

(4) 通信局どうしで共通の合言葉になる共通鍵を生成し、この共通鍵を用いて認証を行っている。クリティカルな通信に共通鍵を持たせることによって、標準プロトコル通信経由でのセキュリティ上の攻撃がクリティカルな通信に影響を与えないようにすることができる。

(5) クリティカルな通信と標準プロトコルの通信を同一通信局に並存させた構成のもとで、通信経路を多重化することによって、高信頼性を実現できる。

(6) 実際に通信するときに応答確認通信をして経路診断する機能と、通信タイミングとは関わりなく定周期で経路診断する機能を併せてもたせた。このため、迅速に経路異常を検出することが可能になる。これにより、通信経路の切り替わり時間を最小限にできるため、通信の実時間性を保証できる。

(7) 通信経路上にルータを設け、ルータで複数のサブネットワーク間を接続した。これによって、広域にわたるネットワーク接続や大規模なネットワークに容易に対応できる。

(8) 同一の通信局において、同一の通信経路と送受信手段を共用して、オープンな標準プロトコルによる通信と、クリティカルな通信を行える。これによって、部品コストや配線コストを低減できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0040】

以下、図面を用いて本発明を詳細に説明する。

【0041】

(1) 実施例 1

図 1 は本発明の一実施例を示す構成図である。

図 1 で、通信経路 10 は主経路 11 と副経路 12 により 2 重化されている。通信経路 10 は、例えば分散型制御システムの制御バスである。

通信局 20 と通信局 31 ~ 3N は主経路 11 と副経路 12 に接続されている。

【0042】

通信局 20 には通信を行うためのユニット 21 がある。図 1 の実施例はユニットがシングル構成になっている。

ユニット 21 で、高優先度通信手段 211 は高優先度通信を行う。低優先度通信手段 212 は低優先度通信を行う。

高優先度通信では、プロセスデータ、操作量、アラーム等を転送する。低優先度通信では、画像データ転送、ファイル転送、メッセージ転送等を行う。高優先度通信では、実時間性の高いデータを転送し、低優先度通信は高優先度通信に比べて実時間性が低い。

高優先度通信手段 211 は、プロセス制御専用のプロトコルに従って通信を行う。これに対して低優先度通信手段は、オープンな標準プロトコルに従って通信を行う。オープンな標準プロトコルは、例えば IP (Internet Protocol) である。

【0043】

通信機能実現手段 213 a、213 b は二重化されている。通信機能実現手段 214 a、214 b も二重化されている。これらの通信機能実現手段は OSI (Open Systems Interconnection) 階層モデルの所定の階層にある通信機能を実現するために設けられている。

通信機能実現手段 213 a、213 b は、OSI 階層モデルの物理層 (第 1 層) にある通信機能を実現する。

通信機能実現手段 214 a、214 b は、OSI 階層モデルのデータリンク層 (第 2 層) にある通信機能を実現する。

通信機能実現手段 213 a と 214 a は主経路 11 に対応して設けられている。通信機能実現手段 213 b と 214 b は副経路 12 に対応して設けられている。

【0044】

図 1 の通信制御システムで、通信に異常がない通常時は、高優先度通信手段 211 は、通信機能実現手段 213 a と 214 a を用いて主経路 11 で通信する。低優先度通信手段 212 は、通信機能実現手段 213 b と 214 b を用いて副経路 12 で通信する。

主経路 11 が異常になったときは、高優先度通信手段 211 は通信機能実現手段 213 b、214 b と副経路 12 を用いて通信する。このときは低優先度通信が制限を受けることになる。

【0045】

高優先度通信手段 211 は、二重化された通信機能実現手段 213 a、213 b と通信機能実現手段 214 a、214 b のいずれかを用いて通信することができる。これに対して低優先度通信手段 212 は、対応する通信機能実現手段 213 b と 214 b だけしか用いることができない。

このようにして高優先度通信手段 211 と低優先度通信手段 212 は、同一の通信局内に並存している。

【0046】

図 1 の実施例によれば、実時間性、高信頼性を実現する高優先度通信手段と、オープンで標準プロトコルの低優先度通信手段を同一の通信局に並存させた。これによって、工業用途の要求とオープン化の要求を同時に満たした通信を行える通信制御システムを実現した。

【0047】

図 2 はデータリンク層にある通信機能を実現する通信機能実現手段の構成例を示した図である。

通信機能実現手段 214 a を例に構成を説明する。通信機能実現手段 214 b も同様な構成になっている。

図 2 で、アドレス保持手段 215 は、高優先度通信手段 211 と低優先度通信手段 212 に対応したそれぞれの MAC アドレスを保持する。高優先度通信手段 211 と低優先度通信手段 212 には、それぞれ 1 個ずつ MAC (Media Access Control) アドレスが割り付けられている。

【0048】

送信手段 216 は、送信要求元が高優先度通信手段 211 か低優先度通信手段 212 のいずれであるかに応じて通信フレームに対応する MAC アドレスを付加し、この通信フレームを通信経路に送出する。

受信手段 217 は、通信機能実現手段 213 a から受信した通信フレームの宛先 MAC

アドレスとアドレス保持手段 215 で保持された MAC アドレスとを比較し、比較結果が一致しているときは受信した通信フレームを該当する通信手段（高優先度通信手段 211 または低優先度通信手段 212）に渡す。

【0049】

なお、アドレス保持手段 215 の代わりに、複数の MAC マルチキャスト・アドレスを保持するマルチキャスト・アドレス保持手段を設けた構成にしてもよい。

このような構成では、通信機能実現手段 214a の受信手段 217 は、主経路 11 から受信した通信フレームの宛先アドレスが MAC マルチキャスト・アドレス保持手段に存在するアドレスのいずれかと一致するときは高優先度通信手段 211 に通信フレームを渡す。一致しないときは低優先度通信手段 212 に通信フレームを渡す。

このようにして高優先度通信では MAC マルチキャスト・アドレスを用いて通信を行う。

【0050】

(2) 実施例 2

図 3 は本発明の他の実施例を示す構成図である。図 3 で前出の図と同一のものは同一符号を付ける。この実施例ではユニットが二重化構成になっている。

通信局 22 には二重化されたユニット 21a と 21b が設けられている。ユニット 21a は、高優先度通信手段 211、低優先度通信手段 212、通信機能実現手段 213a、213b、214a、214b を有する。ユニット 21b もユニット 21a と同一構成になっている。図の例ではユニット 21a が現用側、ユニット 21b が待機側になっている。

【0051】

現用側のユニット 21a が通信動作を行う。現用側のユニット 21a に異常が発生したときは、ユニット 21a は通信動作を停止して待機側となり、待機側のユニット 21b は現用側に切り替わり、通信動作を行う。

この実施例によれば、ユニットを二重化構成にしているため、通信の信頼性をさらに向上できる。なお、ユニットは三重化以上に多重化してもよい。

【0052】

(3) 実施例 3

図 4 は本発明の他の実施例を示す構成図である。

図 4 で、通信局 40 は主経路 11 と副経路 12 に接続されている。

高優先度通信手段 401 は、主経路 11 を用いて高優先度通信を行う。

低優先度通信手段 402 は、副経路 12 を用いて低優先度通信を行う。

経路診断手段 403 は、主経路 11 と副経路 12 の健全性を診断する。

切替手段 404 は、経路診断手段 403 の診断結果をもとに、高優先度通信手段 401 の送受信先の通信経路を切り替える。

【0053】

制限手段 405 は、経路診断手段 403 の診断結果をもとに、低優先度通信手段 402 の通信を制限する。例えば、低優先度通信手段 402 の送信帯域を制限する。

送受信手段 406 は、高優先度通信手段 401 から送信要求があると、通信フレームを順次、主経路 11 へ送信し、主経路 11 から受信した通信フレームを送信先に渡す。

送受信手段 407 は、低優先度通信手段 402 から送信要求があると、通信フレームを順次、副経路 12 へ送信し、副経路 12 から受信した通信フレームを送信先に渡す。

送受信手段 406 及び 407 は、図 1 の実施例における通信機能実現手段 213a、214a 及び 213b、214b にそれぞれ相当する。

【0054】

図 4 の実施例で、切替手段 404 は、経路診断手段 403 が主経路 11 を正常と判断した場合は、高優先度通信手段 401 の通信経路を主経路 11 とする。主経路 11 を異常と判断した場合は、高優先度通信手段 401 の通信経路を副経路 12 に切り替える。

制限手段 405 は、経路診断手段 403 が主経路 11 を正常と判断した場合は、低優先

度通信手段 4 0 2 の送信帯域を制限しない。主経路 1 1 を異常と診断した場合は、低優先度通信手段 4 0 2 の送信帯域を制限する。

経路診断手段 4 0 3 は、副経路 1 2 の診断も行つて、異常を検出したときはアラームを発生する。

【0 0 5 5】

経路診断手段 4 0 3 は、主経路 1 1 を正常と判断した場合は、全通信局へ主経路の異常を定周期で同報通知する。低優先度通信手段 4 0 2 は、主経路異常の同報通知を受信したときに、低優先度通信の単位時間あたりの送信回数が所定値以下になるように送信を制御する。所定の時間以上にわたって主経路異常の同報通知を受信しなかったときは主経路が正常に復旧したと判断し、低優先度通信手段 4 0 2 は送信回数が所定値以下になるような送信制御を停止する。

【0 0 5 6】

なお、主経路異常の同報通知に限らず低優先度通信手段 4 0 2 は、主経路 1 1 を異常と認識しているときに、低優先度通信の単位時間あたりの送信回数が所定値以下になるように送信を制御してもよい。

【0 0 5 7】

低優先度通信手段 4 0 2 は、主経路 1 1 を異常と認識しているときに、副経路 1 2 が送信中でないときに直ちに高優先度通信を行わせ、副経路 1 2 が送信中でなく送信待ちの高優先度通信がないときには低優先度通信を行う。

【0 0 5 8】

図 4 の実施例によれば、通信経路が正常な通常時には、高優先度通信手段 4 0 1 と低優先度通信手段 4 0 2 はそれぞれ別々の経路を使うため、制限のない帯域で通信を共存できる。

また、主経路の異常時には、高優先度通信手段 4 0 1 の通信経路は副経路に切り替わり、低優先度通信手段 4 0 2 は送信帯域が制限される。このため、高優先度通信は帯域を維持したまま通信できるため、実時間性が維持できる。

さらに、主経路の異常時には、高優先度通信手段 4 0 1 の通信経路は副経路に切り替わるが、低優先度通信手段 4 0 2 も制限された帯域の中で通信を行うことができる。

【0 0 5 9】

(4) 実施例 4

図 5 は本発明の他の実施例を示す構成図である。図 5 では経路診断手段の具体的構成例を示している。

図 5 で、経路状態格納手段 5 0 1 は、自局からの通信経路がインターフェイス及び通信相手局毎に健全であるかどうかの経路状態情報を保持する。

【0 0 6 0】

送信手段 5 0 2 は、高優先度通信手段 4 0 1 からの送信要求を受け、経路状態格納手段 5 0 1 の経路状態情報を参照し、健全な通信経路を選択してデータを送信する。また、送信手段 5 0 2 は、データ送信後、所定時間内に正常受信応答がない場合に、当該通信経路を異常とし、このことを経路状態格納手段 5 0 1 の経路状態情報に反映する。

受信手段 5 0 3 は、相手通信局からデータを受信し、高優先度通信手段 4 0 1 へ受信データを渡す。また、相手通信局からデータを受信したときは正常受信応答を相手通信局へ返信する。

このように送信手段 5 0 2 と受信手段 5 0 3 により、データ送信に対して正常受信応答が返ってきたかどうかをもとに診断する応答確認通信を行う。

【0 0 6 1】

定周期経路診断手段 5 0 4 は、自局からの経路状態をインターフェイス及び通信相手局毎に定期的に診断する。診断結果を経路状態格納手段 5 0 1 に登録する。

定周期経路診断手段 5 0 4 は診断パケット送信手段 5 0 5 を有する。診断パケット送信手段 5 0 5 は、他の通信局からの経路診断パケットの受信状態情報を含む経路診断パケットを他の通信局へ同報通信する。

定周期経路診断手段 5 0 4 は、経路診断パケットを受信したとき、受信した経路診断パケットに含まれる自局が送信した経路診断パケットの受信状態情報を、自局から経路診断パケットの送信元までの通信経路の経路状態情報として経路状態格納手段 5 0 1 に登録する。

【0 0 6 2】

インターフェイス 5 0 6 は主経路 1 1 と通信局 5 0 との間の通信を仲介する。インターフェイス 5 0 7 は副経路 1 2 と通信局 5 0 との間の通信を仲介する。

【0 0 6 3】

図 5 の実施例によれば、実際に通信するときに応答確認通信をして経路診断する機能と、通信タイミングとは関わりなく定周期で経路診断する機能を併せ持つことにより、迅速に経路異常を検出することが可能になる。

【0 0 6 4】

なお、定周期経路診断手段 5 0 4 は、I P（インターネットプロトコル）のマルチキャストプロトコルに従って経路診断パケットの同報通信を行う構成にしてもよい。この場合は、主経路 1 1 と副経路 1 2 には、それぞれ異なる I P マルチキャスト・アドレスが割り付けられる。各通信局は、主経路と副経路のうち選択された経路に対応した I P マルチキャスト・アドレスを宛先 I P アドレスに用いて同報通信を行い、宛先 I P アドレスが主経路と副経路のそれぞれに対応した I P マルチキャスト・アドレスと一致する経路診断パケットの受信を行う。

このようにすると、特定の通信局に対して同時に通信することができるため、通信回数が減る。また、I P のマルチキャストプロトコルでは、ルータを介してネットワークを相互接続したときに、送信局は自局があるネットワーク上の通信局だけでなく、ルータを介して接続されたネットワーク上の通信局にまで通信することができる。これにより、通信経路の切り替わり時間を最小限にできるため、通信の実時間性を保証できる。

【0 0 6 5】

（5）実施例 5

図 6 は本発明の他の実施例を示す構成図である。

図 6 で、プロトコル手段 6 1 は、汎用のコネクションレス型プロトコルに従って二重化された主経路 1 1 と副経路 1 2 の通信制御を実行する。汎用のコネクションレス型プロトコルは、例えば U D P / I P（User Datagram Protocol / Internet Protocol）である。

【0 0 6 6】

U D P / I P は、T C P / I P を構成するプロトコル群のうち、I P の上位プロトコルであり、トランスポート層に属し、R F C 7 6 8 で規定されている。U D P はコネクションレス型のプロトコルであり、T C P が持っているコネクション管理、応答確認、シーケンス、ウィンドウコントロール、フロー制御といった機能を持たない。

【0 0 6 7】

即ち、U D P / I P は実質的に、I P パケットをそのまま相手先のアプリケーションが使用できるプロトコルである。機能が少ない分だけ通信負荷が少なく、高速のデータ通信が可能である。しかし、データが確実に相手に届くという保証がないので、信頼性を確保するための手段を講ずる必要がある。

本発明では、U D P / I P 上で応答確認通信を行うことにより信頼性を確保している。

【0 0 6 8】

送受信部 6 0 で、切替手段 6 0 1 は、二重化された通信経路（主経路 1 1 と副経路 1 2）にデータを送信するポートを切り替える。

データ送信手段 6 0 2 は高優先度通信手段 4 0 1 の送信データを切替手段 6 0 1 に送る。

データ受信手段 6 0 3 は、主経路 1 1 または副経路 1 2 からのデータを受信して高優先度通信手段 4 0 1 に送る。

【0 0 6 9】

タイマ 6 0 4 は、データ送信手段 6 0 2 のデータ送信により発生する信号 T R で起動さ

れ、データ受信手段 6 0 3 が受けた正常受信応答で発生する信号 R S でリセットされる。タイム 6 0 4 は、規定値まで計時するとタイムアップ信号 T U をデータ送信手段 6 0 2 に送って再送信要求をする。データ送信手段 6 0 2 は、タイムアップ信号 T U が来るとデータを再送する。

【0070】

計数手段 6 0 5 は、タイムアップ信号 T U の発生個数をカウントし、所定値に達すると切替手段 6 0 1 に切替信号 S W を発信して通信経路を切り替える。

経路状態格納手段 6 0 6 は、自局から各通信局までの経路状態情報を保持する。

登録手段 6 0 7 は、計数手段 6 0 5 のカウント値が規定値まで達したときに通信経路が異常と判断し、当該経路が異常であることを示す経路状態情報を経路状態格納手段 6 0 6 に登録する。

【0071】

図 6 の実施例によれば、コネクションレス型プロトコルが本来有する高速性を享受しながら信頼性を確保することができる。更にコネクションレス型プロトコルの汎用性により、制御バスのオープン化も同時に実現することができる。

また、データの再送回数が所定値に達したところで通信経路を切り替えるため、通信経路の一時的な異常で経路切替が行われることを防止できる。また、過渡的異常と恒久的異常を識別して経路切替をすることができる。

【0072】

(6) 実施例 6

図 7 は本発明の他の実施例を示す構成図である。

図 7 で、多重化通信局 7 0 は多重化したユニット 7 1 a、7 1 b からなる。図の例では二重化されている。ユニット 7 1 a、7 1 b はそれぞれ図 4 の通信局 4 0 と同様な構成になっている。二重化したユニット 7 1 a、7 1 b の一方が現用側、他方は待機側となる。各ユニットの高優先度通信手段には異なるアドレスが割り付けられている。各ユニットは多重化された通信経路（主経路と副経路）にそれぞれ接続されている。

【0073】

例えばユニット 7 1 a を現用側、ユニット 7 1 b を待機側とする。

多重化通信局 7 0 へ送信を行う他の通信局 7 2 は、現用側のユニット 7 1 a 宛に通信を行う。このとき、多重化された通信経路のいずれでも現用側のユニット 7 1 a との通信に失敗したときは、宛先を待機側のユニット 7 1 b に切り替えて通信を試みる。

【0074】

図 8 は図 7 の実施例で制御権が切り替えられたときの説明図である。

各ユニット 7 1 a、7 1 b は自己診断手段 7 3 をそれぞれ有する。

例えばユニット 7 1 a を現用側、ユニット 7 1 b を待機側とする。

現用側のユニット 7 1 a にある自己診断手段 7 3 は、異常を検出したときは自ユニットを待機状態にして通信動作を停止する。待機側のユニット 7 1 b はユニット 7 1 a が通信動作を停止したときは、自ユニットを現用状態にして通信動作を開始し、自ユニットが現用側になったことを他の通信局に同報通信する。

他の通信局 7 2 は、多重化通信局 7 0 のどちらのユニットが現用側になっているかを示す情報を保持したテーブル 7 4 を有する。通信局 7 2 は、テーブル 7 4 で保持した情報を参照して現用側のユニットに送信を行うとともに、ユニット 7 1 b から同報通信を受信したときにテーブル 7 4 の情報を更新する。

【0075】

図 7 の実施例によれば、多重化通信局にしたことによって、高信頼性の通信を実現した。

【0076】

(7) 実施例 7

図 4 の通信局 4 0 に認証手段を設けてもよい。認証手段は、異なる通信局にある高優先度通信手段の間で認証を行い、認証された通信局間で通信を可能にする。

図 9 は認証手段の具体的構成例を示した図である。

図 9 では説明の便宜上、認証手段の構成を示しているが、通信局 8 0 にも通信局 4 0 の構成要素が設けられている。

【 0 0 7 7 】

公開鍵生成手段 8 0 1 は、自局に固有の電子的な私有鍵 K 1 から他の通信局との間で交換する電子的な公開鍵 K 2 を生成する。

鍵送信手段 8 0 2 は、生成した公開鍵 K 2 を全通信局宛に同報通知する。

共通鍵生成手段 8 0 3 は、他の通信局 8 1 から受信した公開鍵 K 2 ' と自局の私有鍵 K 1 から通信局 8 0 と 8 1 の間の固有な電子的な共通鍵 K 3 を生成する。共通鍵は通信局毎に生成し、生成した共通鍵を通信局 8 0 で保持する。共通鍵生成手段 8 0 3 は、例えば Diffie-Hellman 法を用いて私有鍵と公開鍵から共通鍵を生成する。

【 0 0 7 8 】

認証パケット送信手段 8 0 4 は、生成した共通鍵 K 3 を用いてパケットを暗号化したり、パケットへの認証値の付加を行う。そして、暗号化したパケットを他の通信局 8 1 へ送信したり、認証値を付加したパケットを他の通信局 8 1 へ送信する。

認証パケット受信手段 8 0 5 は、他の通信局 8 1 から受信したパケットを共通鍵 K 3 を利用して復号化したり、共通鍵とパケットに付加された認証値に基づいて受信可否の判断を行う。

【 0 0 7 9 】

鍵更新手段 8 0 5 は、私有鍵を所定時間毎に変えることにより共通鍵を更新する。

確認手段 8 0 6 は、更新直前の共通鍵と最新の共通鍵を保存し、パケット受信時に最新の共通鍵を用いて認証値の確認を行う。この確認が不正とされた場合は、更新直前の共通鍵を用いて認証値の確認を行う。

復号化手段 8 0 7 は、認証値の正当性を確認することができた更新直前の共通鍵または最新の共通鍵のいずれかを用いてパケットの復号化を行う。

【 0 0 8 0 】

図 1 0 は図 9 の認証手段の動作説明図である。

通信局 8 0 では、公開鍵生成手段 8 0 1 は自局の私有鍵 K 1 から公開鍵 K 2 を生成する。生成した公開鍵 K 2 を全通信局宛に同報通知する。

通信局 8 1 でも、公開鍵生成手段 8 0 1 は自局の私有鍵 K 1 ' から公開鍵 K 2 ' を生成する。生成した公開鍵 K 2 ' を全通信局宛に同報通知する。

【 0 0 8 1 】

通信局 8 0 では、共通鍵生成手段 8 0 3 は、通信局 8 1 から受信した公開鍵 K 2 ' と自局の私有鍵 K 1 から通信局 8 1 との間の固有な電子的な共通鍵 K 3 を生成する。

同様に通信局 8 1 でも、共通鍵生成手段 8 0 3 は、通信局 8 0 から受信した公開鍵 K 2 と自局の私有鍵 K 1 ' から通信局 8 0 との間の固有な電子的な共通鍵 K 3 ' を生成する。

このようにして各通信局は他の通信局との間の共通の合言葉になる共通鍵を生成し、保持する。

【 0 0 8 2 】

通信局 8 0 では、認証パケット送信手段 8 0 4 は、生成した共通鍵 K 3 を用いてパケットを暗号化したり、パケットへの認証値の付加を行う。そして、暗号化したパケットを通信局 8 1 へ送信したり、認証値を付加したパケットを通信局 8 1 へ送信する。

通信局 8 1 では、認証パケット受信手段 8 0 5 は、通信局 8 0 から受信したパケットを共通鍵 K 3 ' を利用して復号化したり、共通鍵 K 3 ' とパケットに付加された認証値に基づいて受信可否の判断を行う。

【 0 0 8 3 】

図 9 の実施例によれば公開鍵が送られない通信局は共有鍵を生成できないため、送信されるパケットの盗聴、改竄はできない。これによって通信のセキュリティを保証できる。高優先度通信に共通鍵を持たせることによって、オープンな低優先度通信でのセキュリティ上の攻撃が高優先度通信に影響を与えないようにすることができる。

【0084】

(8) 実施例 8

図11は本発明の他の実施例を示す構成図である。

図11の実施例では、インターネットプロトコルに従って通信経路の経路制御を行うルータ90、91を主経路と副経路上に設けている。主経路はルータ90で相互接続されたサブネットワーク11a、11bから構成されている。副経路はルータ91で相互接続されたサブネットワーク12a、12bから構成されている。

【0085】

サブネットワーク上には唯一のマスタ局が存在する。マスタ局はネット間診断フレームを送信する。ネット間診断フレームは、自局と自局が属するサブネットワーク上に存在する他の全通信局との間の経路状態情報と、自局が属さないサブネットワーク上に存在するマスタ局との間の経路状態情報を含む。

図11では、通信局20がサブネットワーク11a、12aのマスタ局である。通信局23がサブネットワーク11b、12bのマスタ局である。

【0086】

通信局20で、経路状態格納手段221は、自局から他の通信局までの通信経路が健全であるかどうかを示す経路状態情報を保持する。

診断メッセージ受信手段222は、ネット間診断フレームに含まれた経路状態情報をもとに、自局と自局が属さないサブネットワーク上に存在する通信局との間の経路状態を経路状態格納手段221に登録する。図の例では通信局20とサブネットワーク11b、12b上の通信局との間の経路状態に登録する。

データ送信手段223は、経路状態格納手段221にある情報に従って、主経路と副経路のいずれかを選択してデータの送信を行う。

経路状態格納手段221、診断メッセージ受信手段222、データ送信手段223は、マスタ局とそれ以外の通信局に設けられている。

【0087】

選出手段224は、サブネットワーク上に存在する全通信局のネットワークアドレスのリストを作成し、リストの中で、自局のアドレスが所定の条件から一義的に決められるアドレスである場合、自局を当該サブネットワークにおけるマスタ局として動作させる。ここで、一義的に決められるアドレスは、例えば最も大きいアドレス、最も小さいアドレス等である。

【0088】

図12は通信局が経路状態情報を得る手順を示した説明図である。

図12で、マスタ局以外の通信局を一般局と称する。サブネットワークAとBがあり、これらが相互接続されている。サブネットワークA上にはマスタ局aと一般局a'が接続されている。サブネットワークB上にはマスタ局bと一般局b'が接続されている。

【0089】

このようなネットワークにおいて次の手順で処理を行う。

一般局a'は自サブネットワーク内の各局からの受信状態を自サブネットワーク内の二重化経路の各々にマルチキャストで定周期に送信する。

受信した各局は相手局の受信状況から、自局から相手局への経路状態情報1を獲得する。

各サブネットワークのマスタ局は他のサブネットワークのマスタ局からの受信状態及び自サブネットワーク内の各局からの受信状態を二重化経路の各々にマルチキャストで定周期に送信する。

受信した各局は他のサブネットワークのマスタ局からの受信状況から、マスタ局間の経路状態情報2を獲得する。

また、送信元サブネットワーク内の受信状況から、各マスタ局内の各局への経路状態情報3を獲得する。

このようにして各通信局は経路状態情報1、2、3から、二重化経路の各々の健全性を

判断することができる。

【0090】

図11の実施例によれば次の効果が得られる。

- (a) 全通信局が各々で経路の健全性を判断することが可能である。
- (b) 一般局及びマスタ局がマルチキャスト送信することで自サブネットワーク外への経路状態情報を得ることが可能である。
- (c) 自局の経路状態情報が全て異常、もしくは一定時間診断通信が途絶えた場合に自局の異常と判断することで、故障診断にも使用することが可能である。

【0091】

(9) 実施例9

図13は本発明の他の実施例を示す構成図である。

この実施例では、高優先度通信と低優先度通信が1つの通信経路を共用する。

通信局100には、高優先度通信を行うためのプロトコルインターフェイス手段101と、低優先度通信を行うためのプロトコルインターフェイス手段102が設けられている。

上位側のホストコンピュータ（図示せず）は、高優先度通信プロトコルに従ってプロトコルインターフェイス手段101と通信する。また、低優先度通信プロトコルに従ってプロトコルインターフェイス手段102と通信する。

【0092】

通信機能実現手段103と104はプロトコルインターフェイス手段101と102にそれぞれ対応して設けられている。これらの通信機能実現手段103、104は、OSI階層モデルのデータリンク層（第2層）にある通信機能を実現する。

優先制御手段105は、通信機能実現手段103、104からの送信をプロトコルの優先度に基づいて制御する。通信機能実現手段103、104はフレームを一定のフレーム長以下に分割して優先制御手段105に送る。

通信機能実現手段106は、OSI階層モデルの物理層（第1層）にある通信機能を実現する。高優先度通信と低優先度通信が通信機能実現手段106を共用する。

通信局100は通信経路150に接続されている。通信経路150を共用して高優先度通信と低優先度通信を行う。

【0093】

通信機能実現手段103で、MACアドレスレジスタ121は高優先度通信のプロトコルに対応したMACアドレスを格納する。送信受付手段122は通信局100が送信するフレームを受け付ける。受信受付手段123は通信局100が受信したフレームを受け付ける。

通信機能実現手段104も同様な構成になっている。通信機能実現手段104のMACアドレスレジスタ121は低優先度通信のプロトコルに対応したMACアドレスを格納する。

【0094】

図13の実施例の動作を説明する。

図14は送信処理手順を示したフローチャートである。

高優先度通信の送信処理では、送信受付手段122は、プロトコルインターフェイス手段101から受け取った送信フレームの送信元アドレス部にMACアドレスレジスタ121のMACアドレスを付加して一旦保持する。

優先制御手段105が出力する送信許可信号がHighであれば、送信受付手段122はフレームを優先制御手段105に渡し、優先制御手段105はフレームを直ちに通信機能実現手段106に渡す。優先制御手段105の送信許可信号がLowであれば、送信受付手段122はフレームを保持し続け、送信許可信号がHighになるまでフレームを待機させる。優先制御手段105は、高優先度通信のプロトコルに割り当てられた優先度に基づいて送信許可信号を制御する。

低優先度通信の送信処理も同様にして行う。

【0095】

図15は受信処理手順を示したフローチャートである。

高優先度通信の受信処理では、通信機能実現手段106から受け取った受信フレームの送信先アドレスとMACアドレスレジスタ121に格納されたMACアドレスの比較を受信受付手段123で行い、不一致であればフレームを破棄し、一致していればプロトコルインターフェイス手段101にフレームを渡す。

低優先度通信の受信処理も同様に于行う。

【0096】

優先制御手段105は、通信を高優先度プロトコル通信と低優先度プロトコル通信に分ける。高優先度プロトコルのフレームに対しては、他のフレームが送信中でない限り、常にその送信受付に送信権を与え、直ちにフレームを送信させる。逆に、低優先度プロトコルのフレームに対しては、送信中でなく、かつ、高優先度プロトコルの送信受付に待ちのフレームがないときに限り、送信権を与え、直ちにフレームを送信させる。

優先制御手段105は、各通信機能実現手段103、104からの送信フレームの一定時間当りの送信回数が、各通信機能実現手段103、104毎に割り付けた所定の値以下になるように、送信許可信号を使用して送信フレームの送信を抑制する。

【0097】

図13の実施例によれば、標準的でオープンなプロトコルによるネットワークと、リアルタイム通信を実現するような独自プロトコルによるネットワークの両方が各ホスト間での通信で必要なとき、両方のプロトコルのインターフェースを同一の通信局内にもち、それらのプロトコルの処理機能が同一の通信機能実現手段と通信経路を共用する。これによって、ハードウェアの原価やケーブルの敷設費用を低減できる。

【0098】

上述した実施例で、通信局は分散型制御システムの操作監視装置、制御装置等に存在する。

【0099】

なお、実施例では2重化された例を示しているが三重化以上に多重化してもよい。三重化以上の多重化構成では、一つの主経路と複数の副経路により通信経路をなす。

【図面の簡単な説明】

【0100】

【図1】本発明の一実施例を示す構成図である。

【図2】通信機能実現手段の構成例を示した図である。

【図3】本発明の他の実施例を示す構成図である。

【図4】本発明の他の実施例を示す構成図である。

【図5】本発明の他の実施例を示す構成図である。

【図6】本発明の他の実施例を示す構成図である。

【図7】本発明の他の実施例を示す構成図である。

【図8】図7の実施例で制御権が切り替えられたときの説明図である。

【図9】認証手段の具体的構成例を示した図である。

【図10】図9の認証手段の動作説明図である。

【図11】本発明の他の実施例を示す構成図である。

【図12】通信局が経路状態情報を得る手順を示した説明図である。

【図13】本発明の他の実施例を示す構成図である。

【図14】送信処理手順を示したフローチャートである。

【図15】受信処理手順を示したフローチャートである。

【図16】一般的な分散型制御システムの構成例を示した図である。

【符号の説明】

【0101】

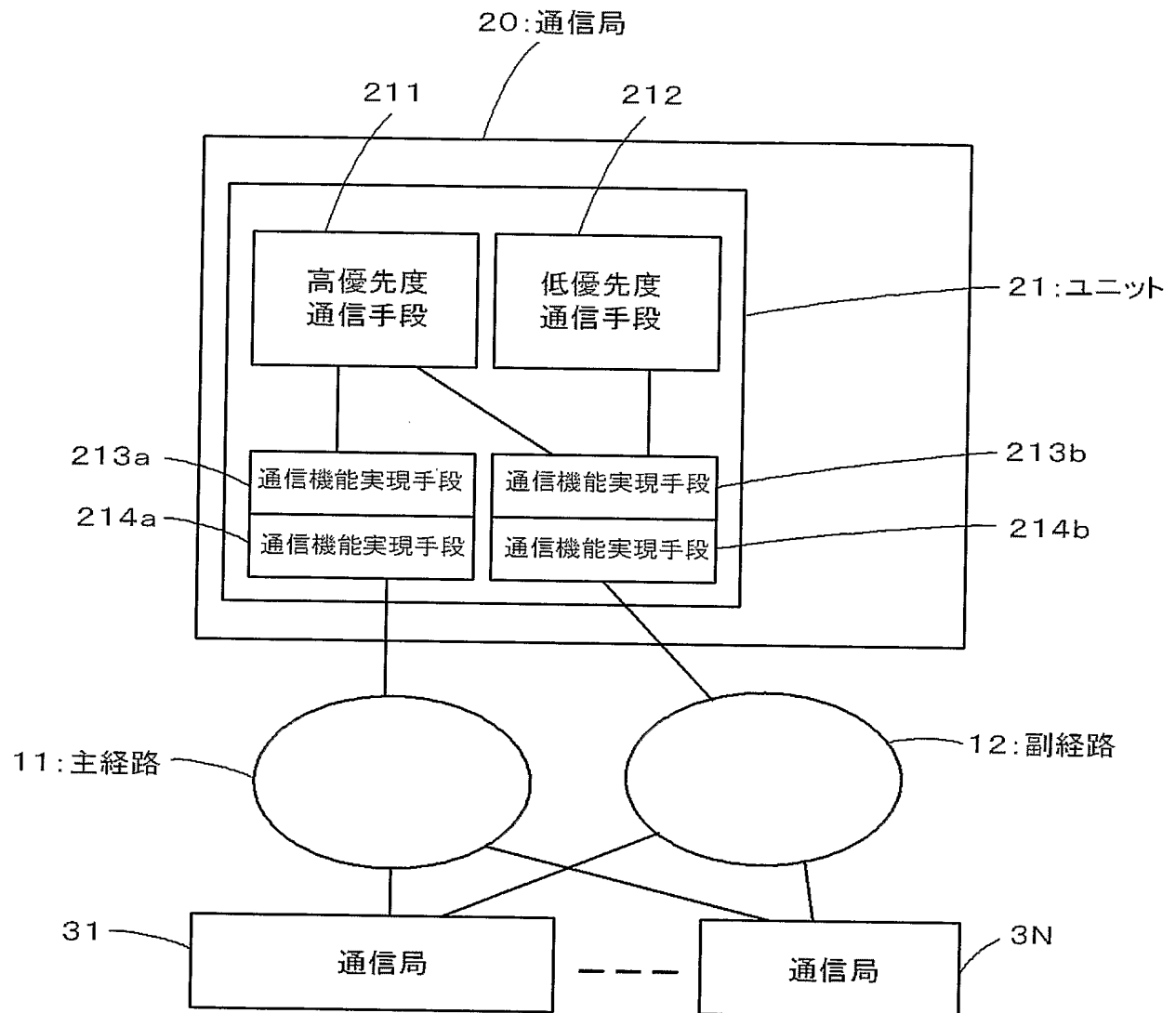
11 主経路

11a、11b、12a、12b サブネット

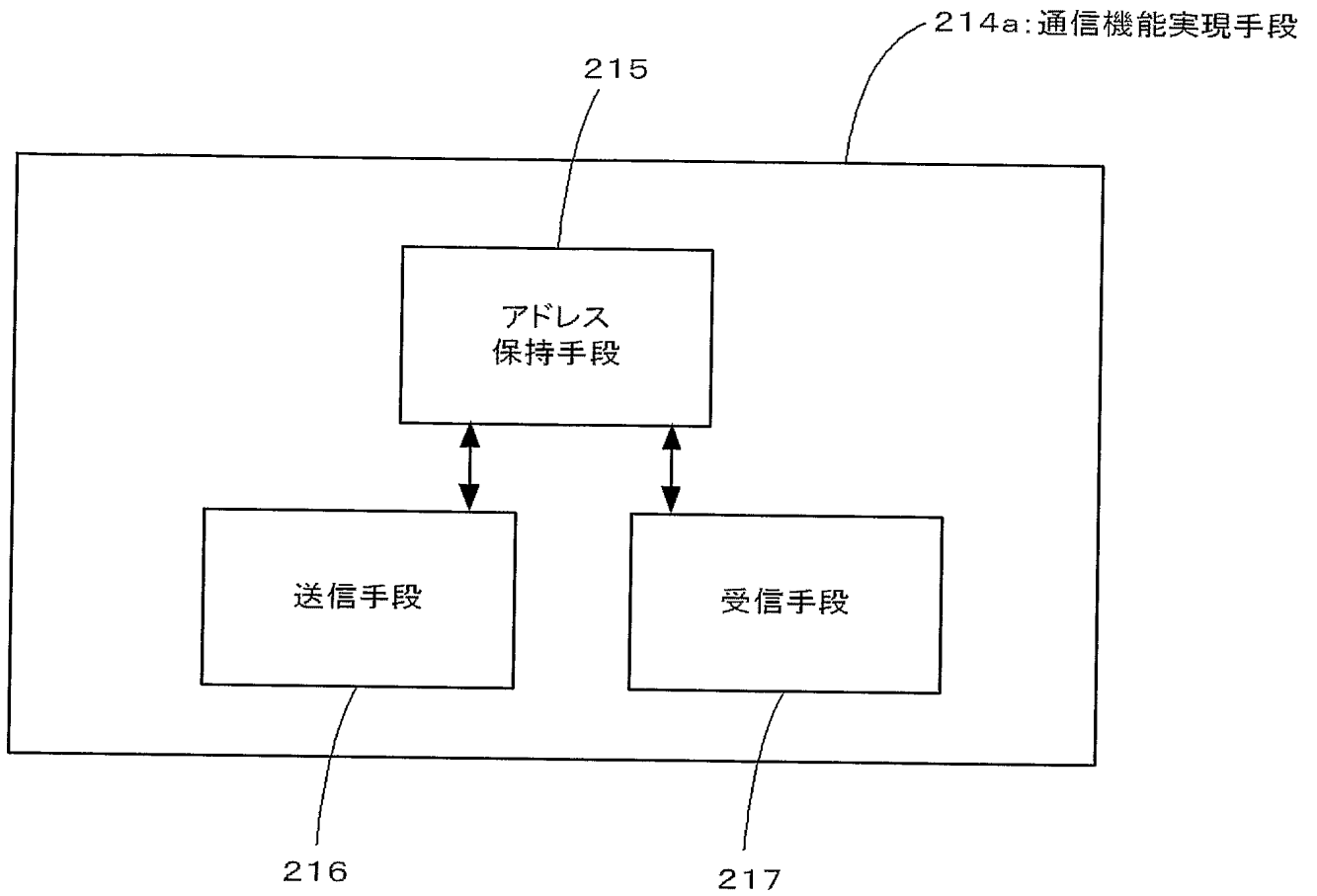
1 2 副経路
2 0、2 2、2 3、3 1 ~ 3 N、4 0、5 0、8 0 通信局
2 1 a、2 1 b、7 1 a、7 1 b ユニット
7 0 通信局
7 2 多重化通信局
7 3 自己診断手段
7 4 テーブル
9 0、9 1 ルータ
2 1 1、4 0 1 高優先度通信手段
2 1 2、4 0 2 低優先度通信手段
2 1 3 a、2 1 3 b、2 1 4 a、2 1 4 b 通信機能実現手段
2 1 5 アドレス保持手段
2 1 6、5 0 2 送信手段
2 1 7、5 0 3 受信手段
2 2 2 診断メッセージ受信手段
2 2 3 データ受信手段
2 2 4 選出手段
4 0 3 経路診断手段
4 0 4、6 0 1 切替手段
4 0 5 制限手段
2 2 1、5 0 1、6 0 6 経路状態格納手段
5 0 4 定周期経路診断手段
5 0 5 診断パケット送信手段
6 0 2 データ送信手段
6 0 3 データ受信手段
6 0 4 タイマ
6 0 5 計数手段
6 0 7 登録手段
8 0 1 公開鍵生成手段
8 0 2 鍵送信手段
8 0 3 共通鍵生成手段
8 0 4 認証パケット送信手段
8 0 5 認証パケット受信手段

【書類名】 図面

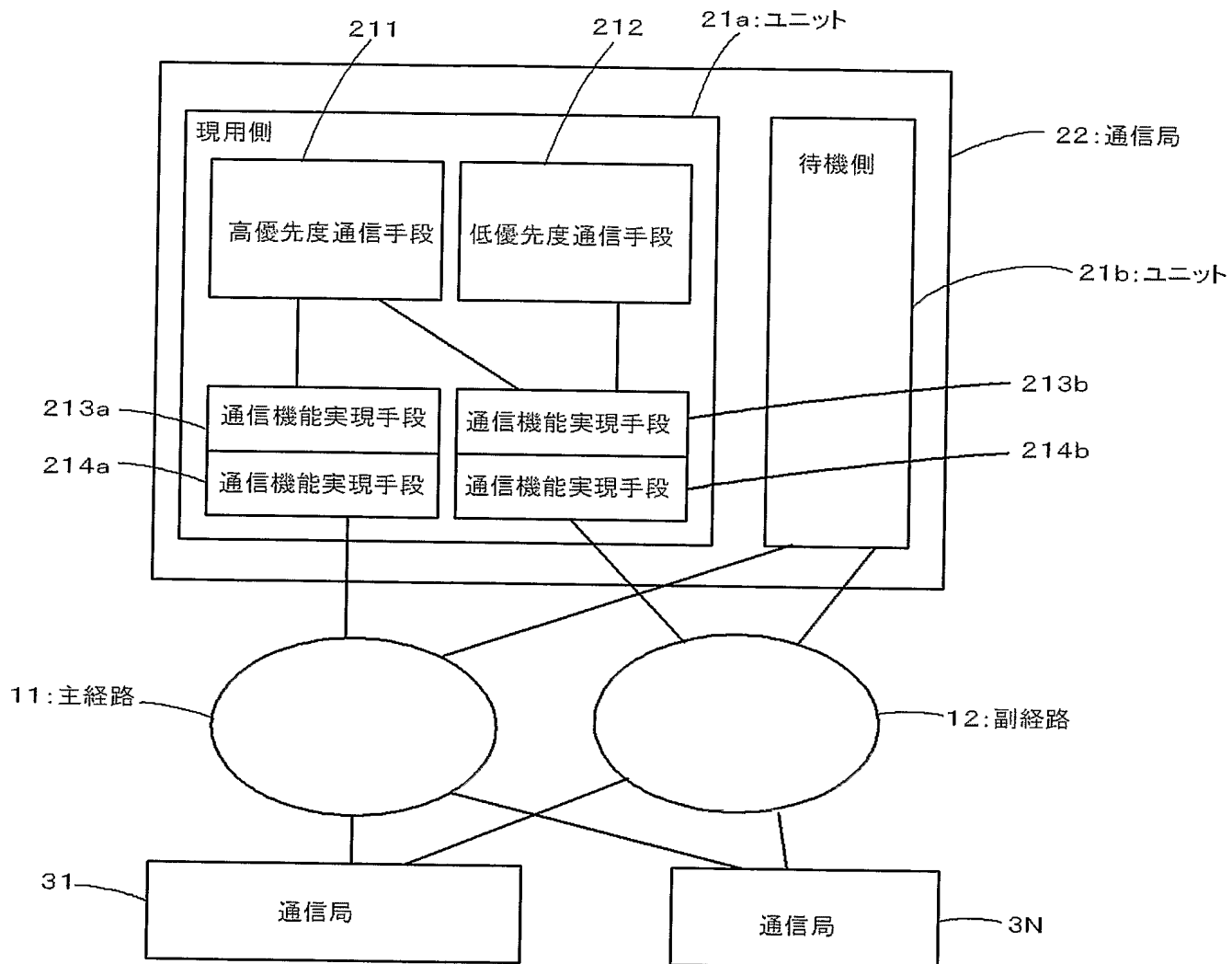
【図 1】



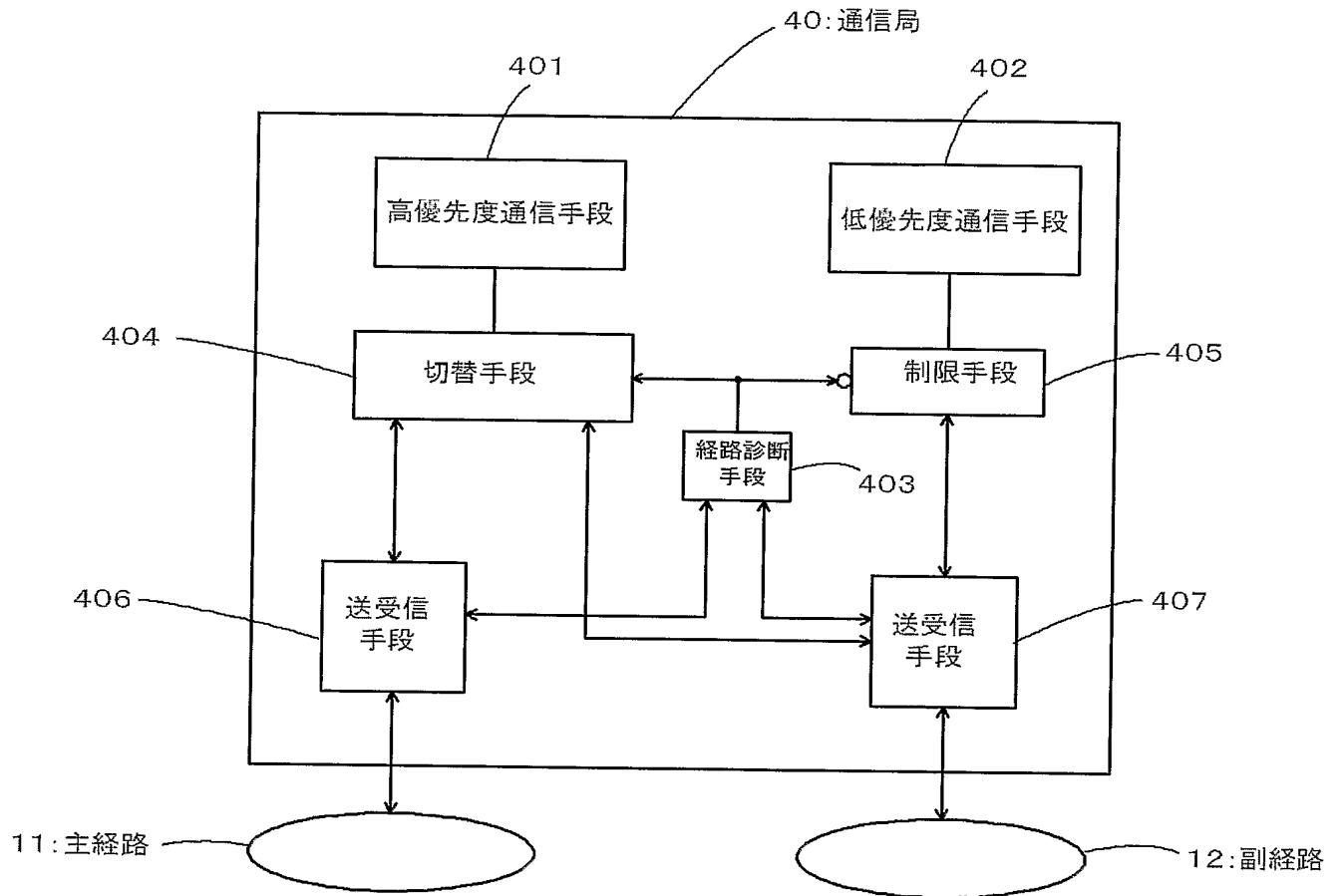
【図 2】



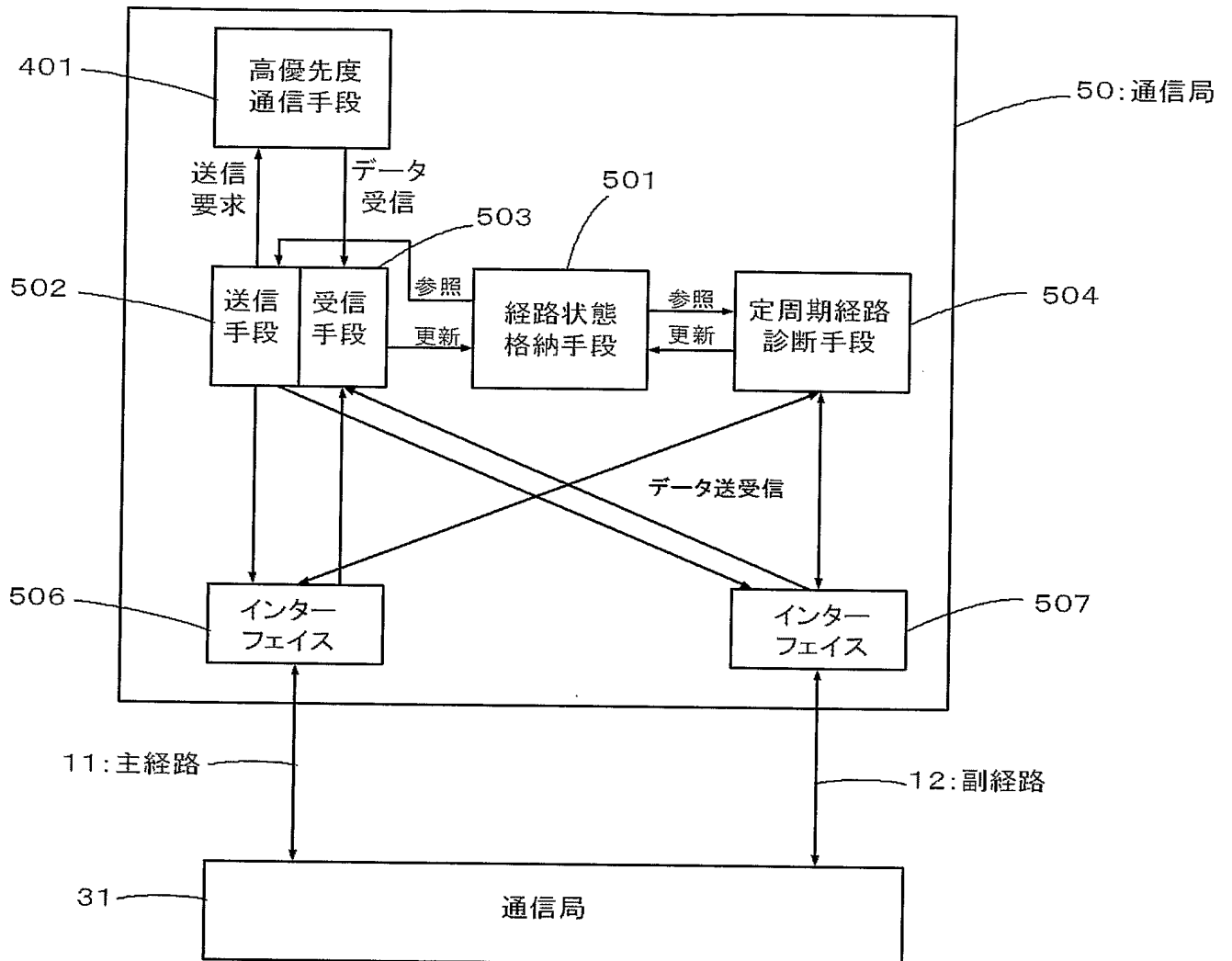
【図 3】



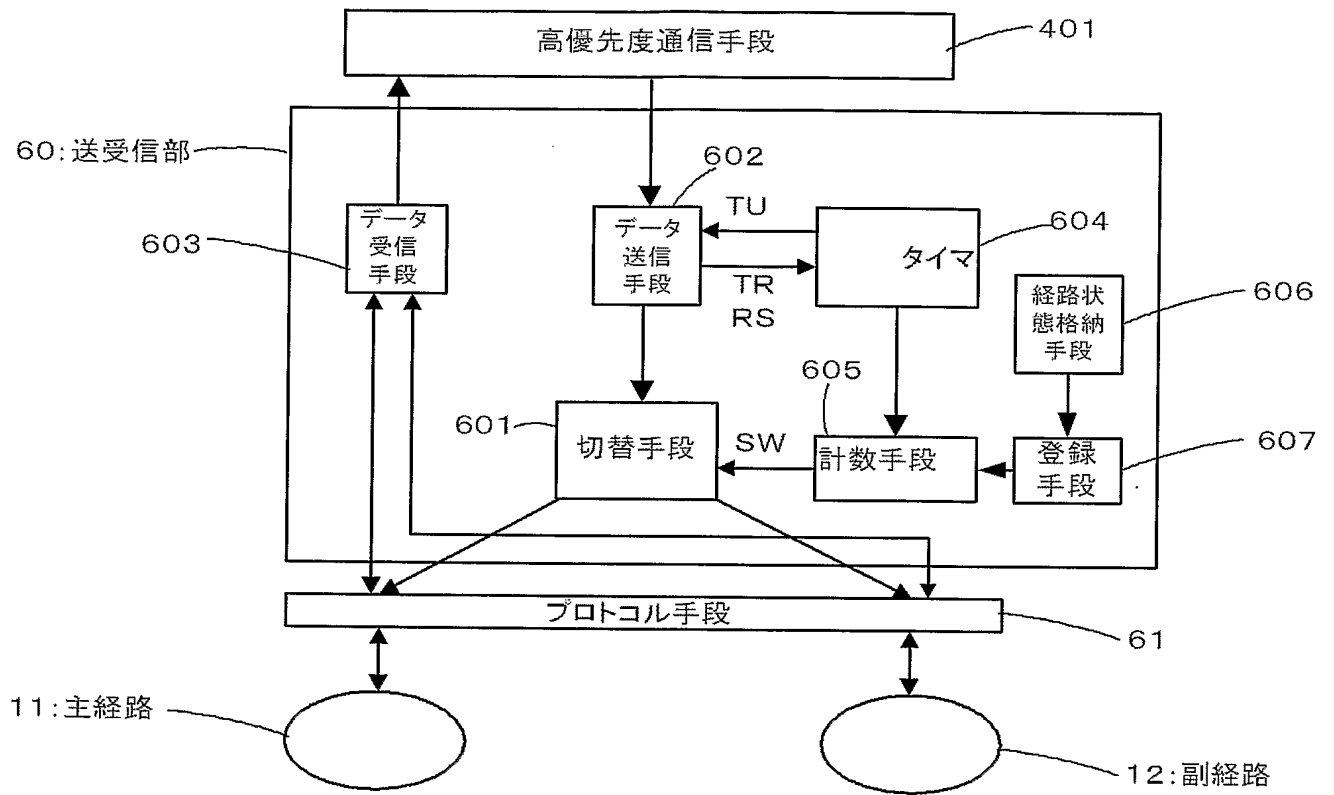
【図 4】



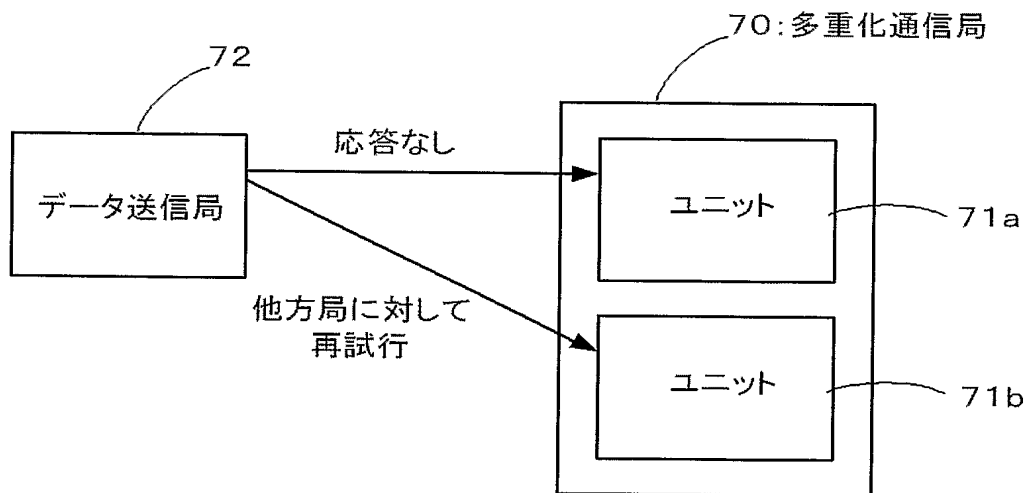
【図 5】



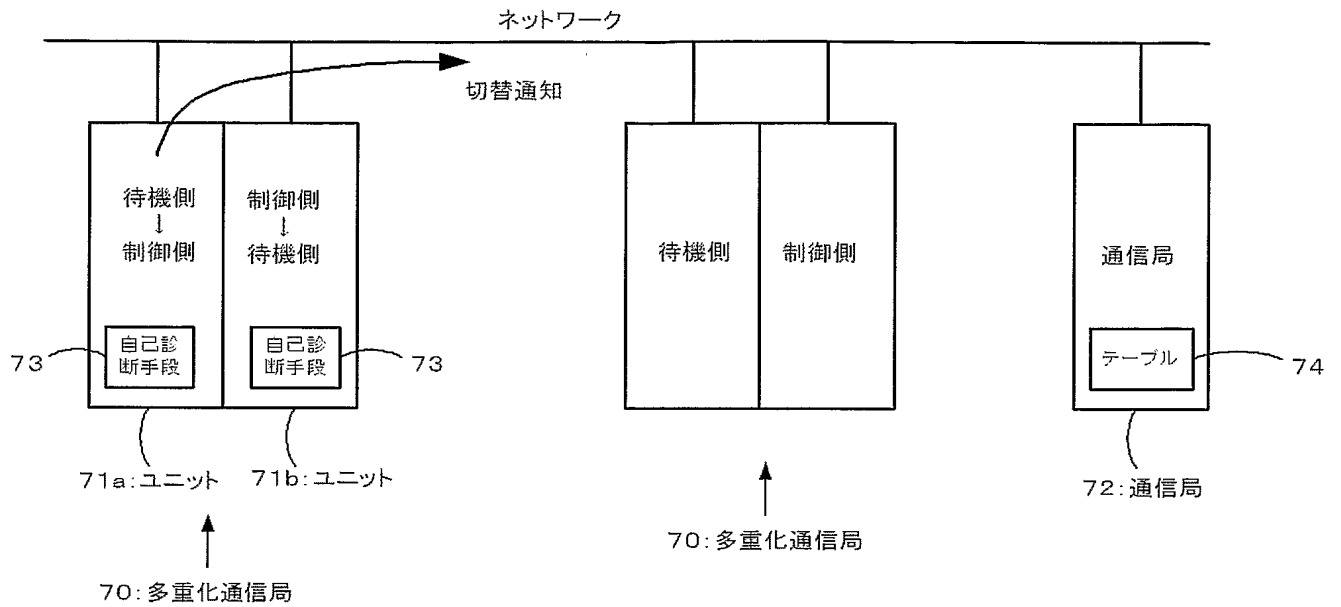
【図 6】



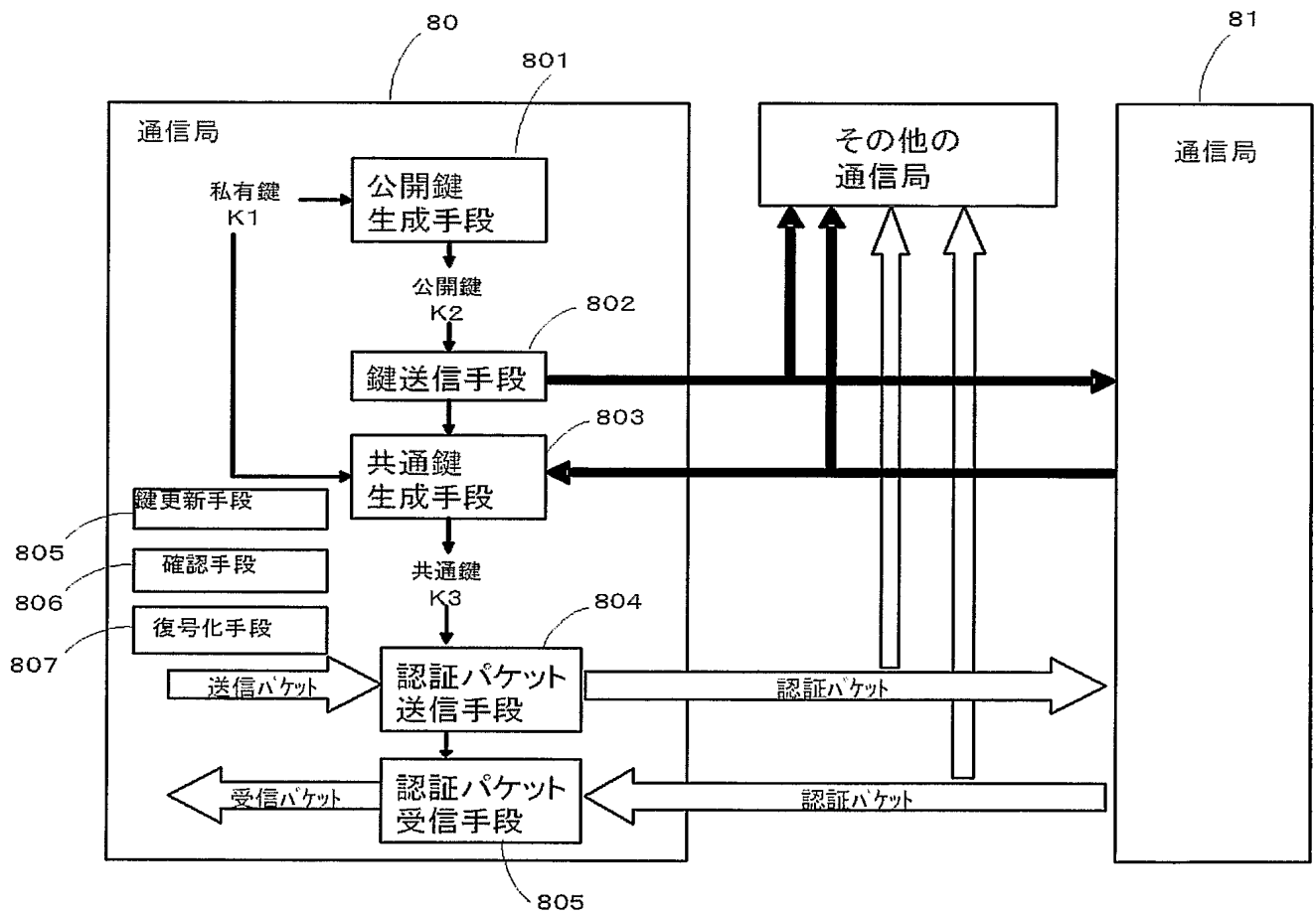
【図 7】



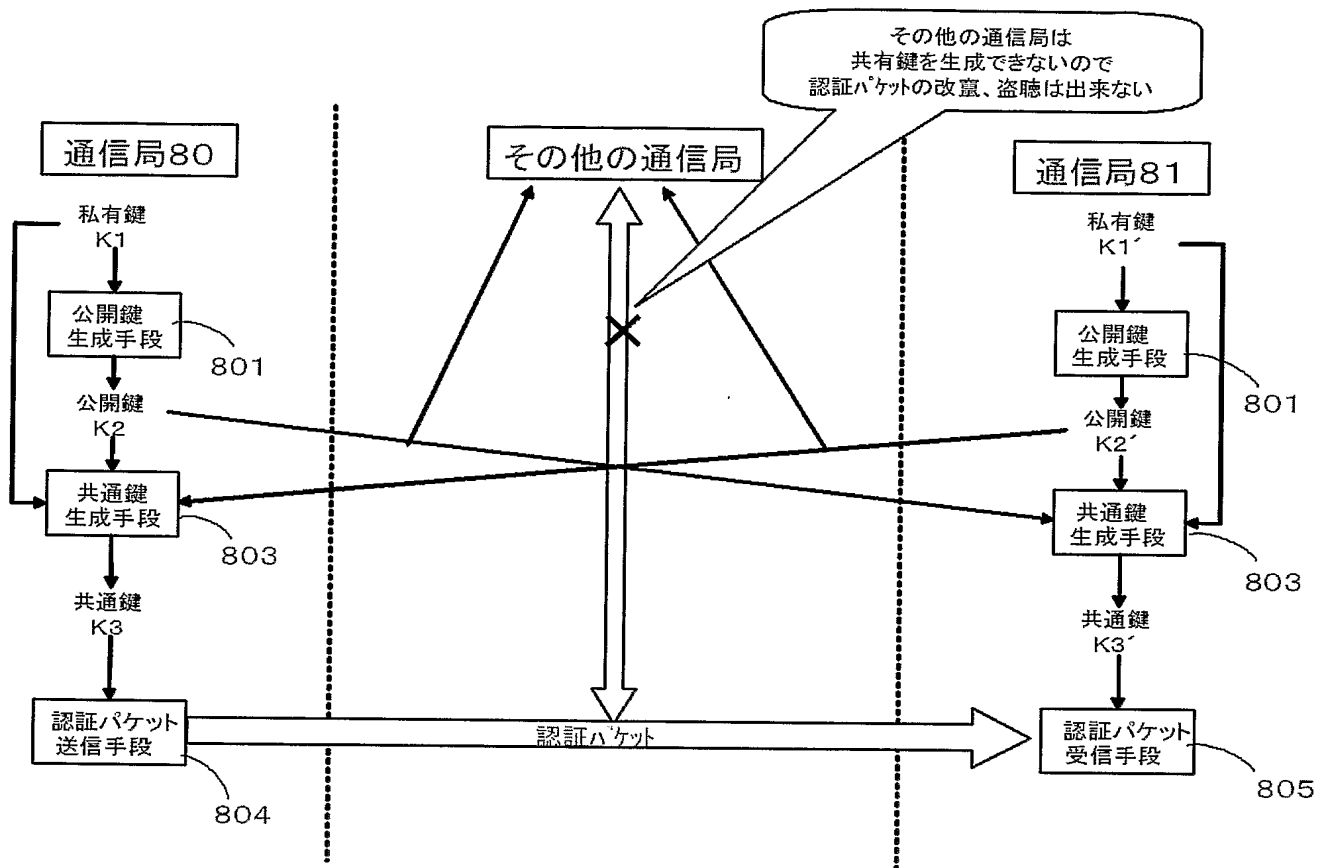
【図 8】



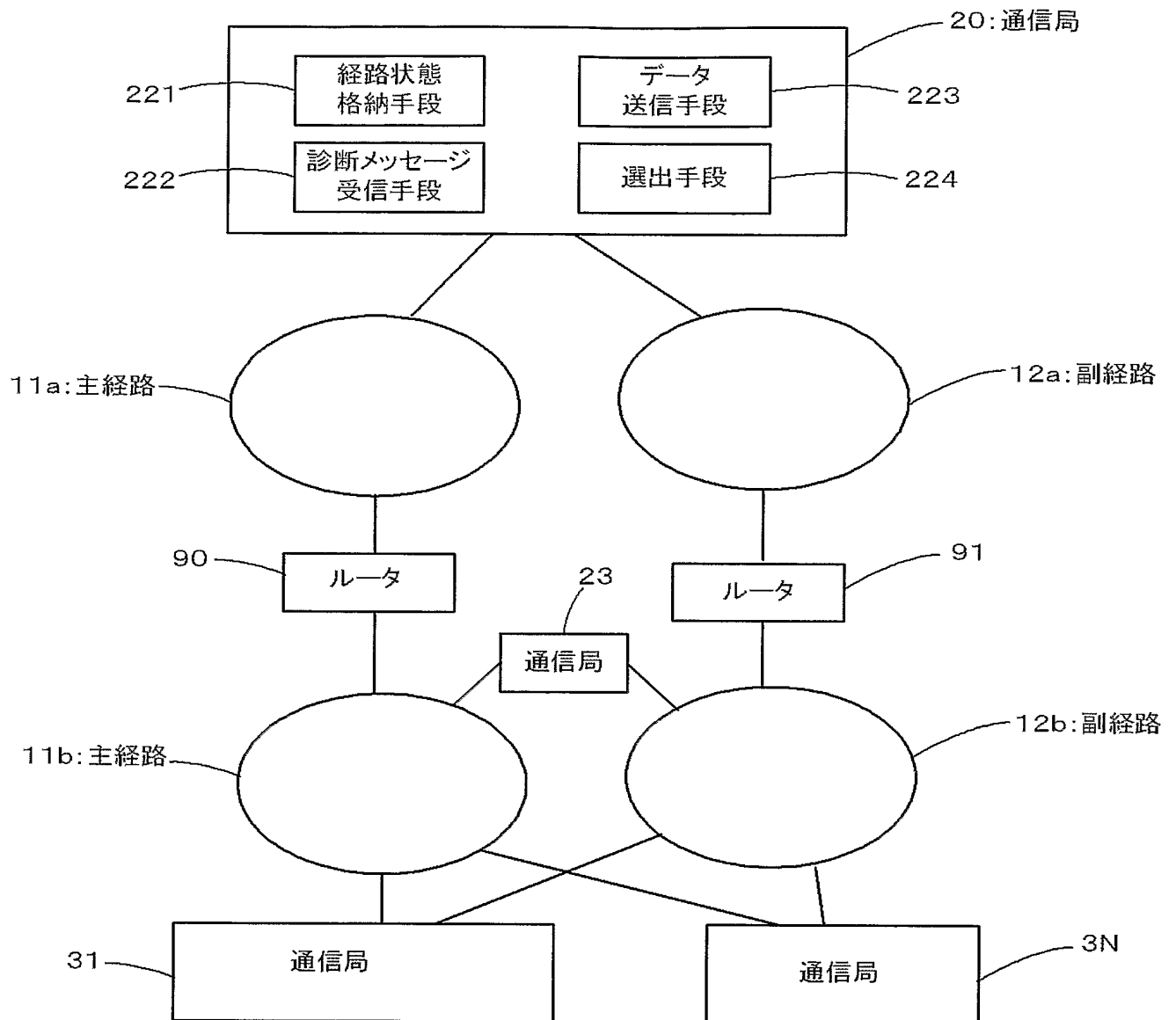
【図 9】



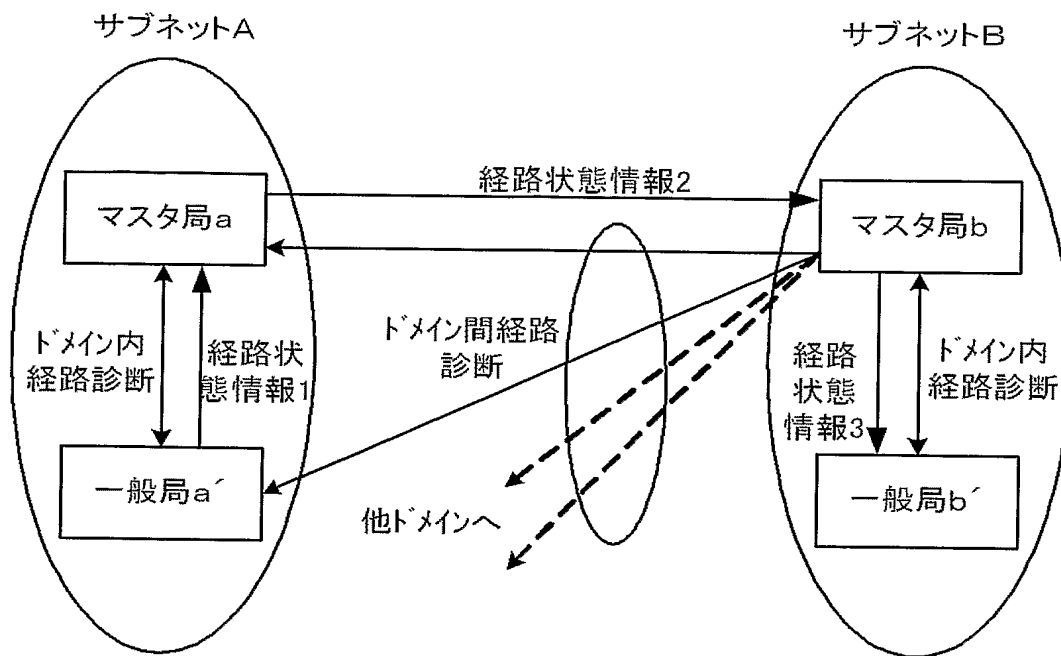
【図10】



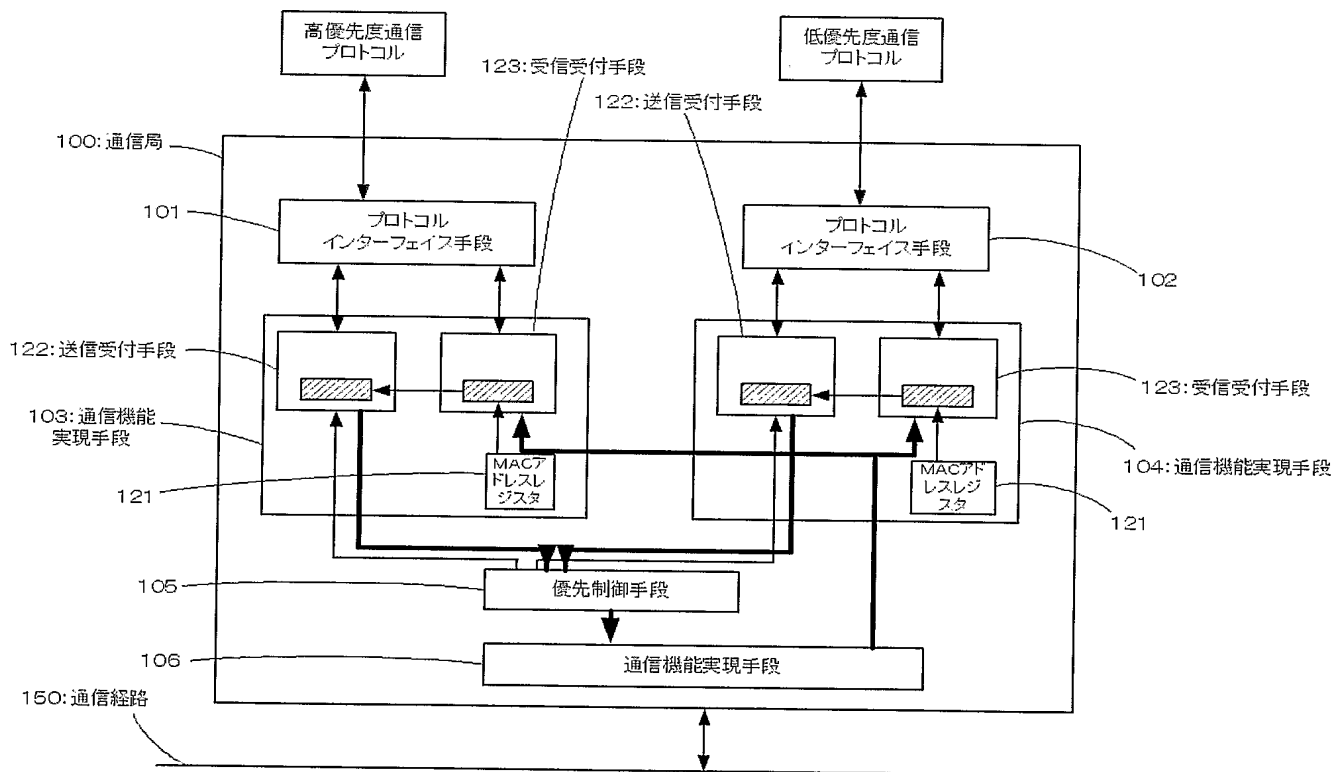
【図 11】



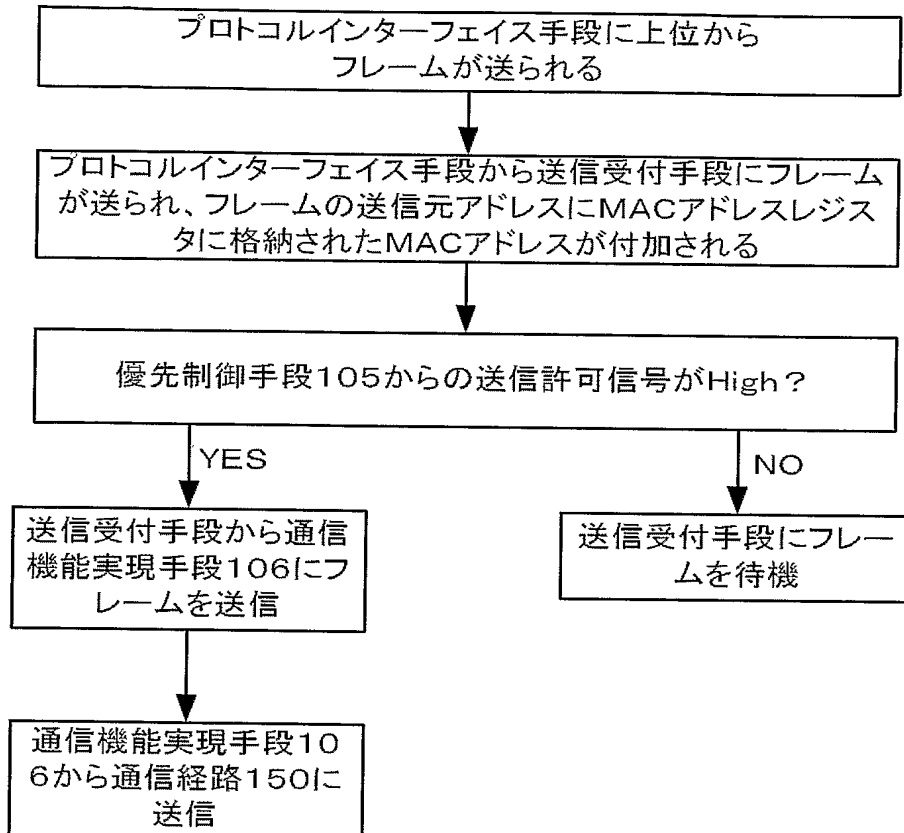
【図 12】



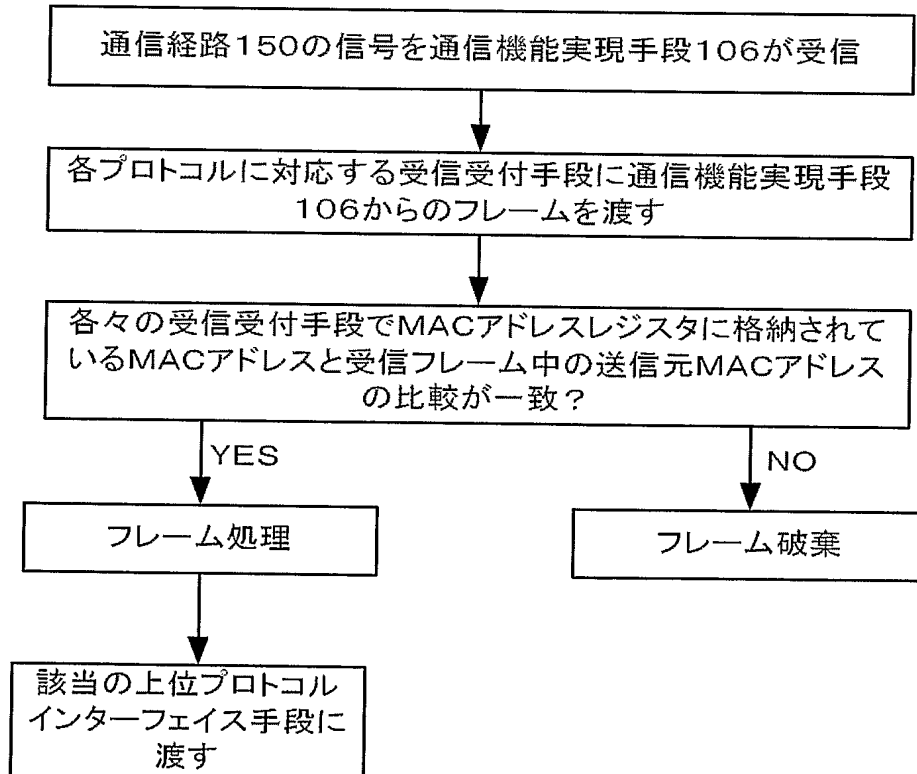
【図 13】



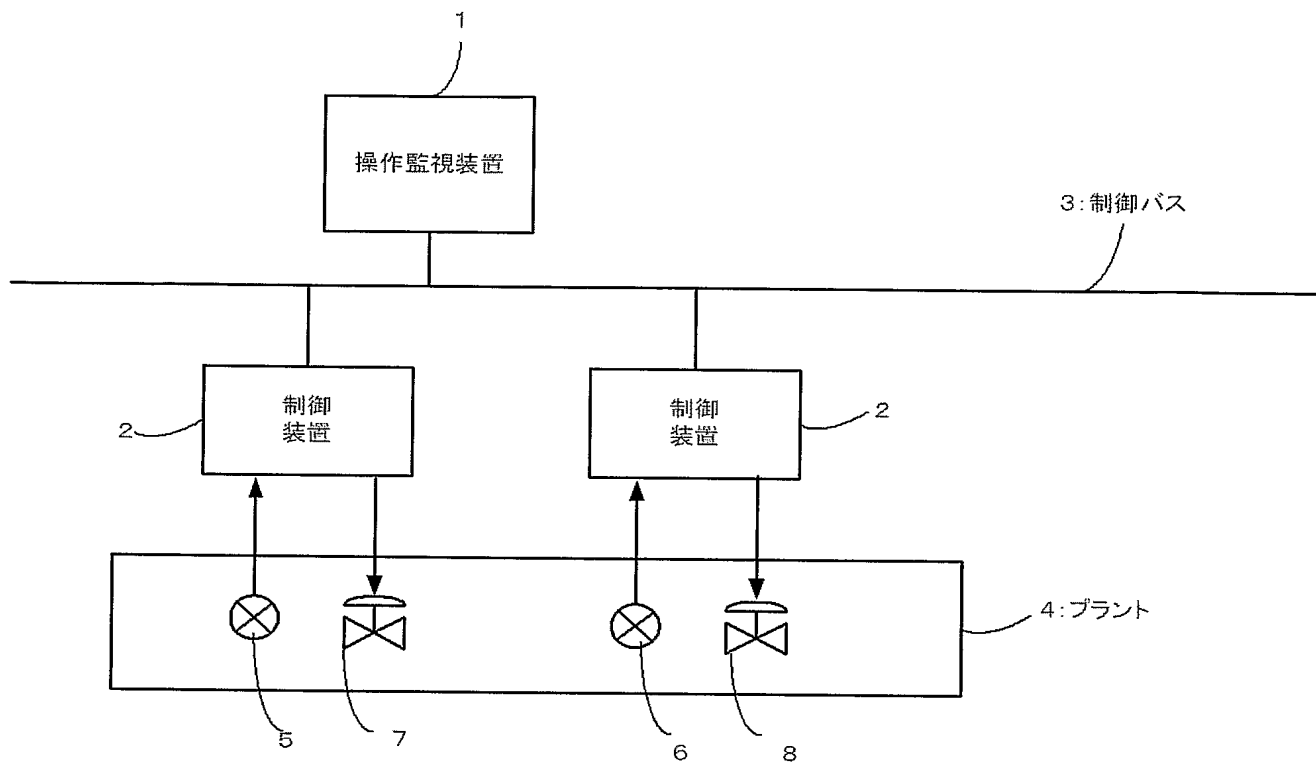
【図14】



【図15】



【図 16】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 工業用途の要求とオープン化の要求を同時に満たした通信が行える通信制御システムを実現する。

【解決手段】 実時間性、高信頼性を実現するクリティカルな通信を行う高優先度通信手段と、オープンな標準プロトコルの通信を行う低優先度通信手段を同一の通信局に並存させる。

【選択図】

図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 4 1 5 9 8 9
受付番号	5 0 3 0 2 0 5 7 2 8 5
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0 0 9 7
作成日	平成 1 5 年 1 2 月 1 6 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成 15 年 12 月 15 日

特願 2 0 0 3 - 4 1 5 9 8 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 6 5 0 7]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 1 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都武蔵野市中町 2 丁目 9 番 3 2 号

氏 名

横河電機株式会社